







2

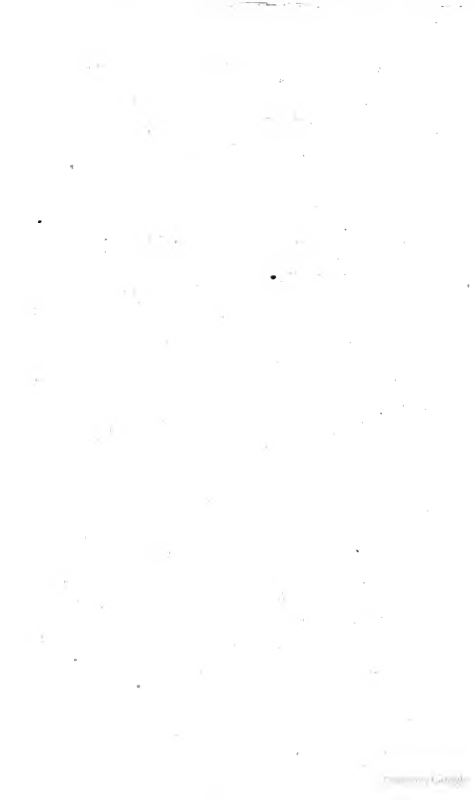
3.

4.
5.
6.

RICERCHE
SU LA VERA NATURA
DEI
CREDUTI FLUIDI IMPONDERABILI
DI
SIMONE CORLEO



PALERMO
STAMPERIA E LIGATORIA DI DOMENICO LO BIANCO
via Alloro num. 81
1852



INTRODUZIONE

Il lavoro che imprendo è destinato a spianar la strada ad altro lavoro assai più esteso e più rilevante, la *Filosofia Universale*, da me tempo avanti promessa, ma per fatali ostacoli non condotta ancora a compimento. E siccome in quello non potrebbero convenire nè i minuti dettagli, nè le ricerche teoretiche sui fenomeni fisici, così in questo non possono aver luogo le lunghe discussioni metafisiche. Qui dunque mi limiterò a premettere quelle nozioni di appartenenza filosofica, che saranno strettamente necessarie alla materia; e qualora mi occorrerà di riformare qualche concetto di Filosofia, sfuggirò a bella posta d'implicarmi in dimostrazioni ideologiche, riserbando per ora al corso della stessa Opera mostrar vero quanto io dirò. In altro miglior tempo, permettendo il cielo e non opponendosi la malizia degli uomini, spero congiungere in unità di Filosofia i principii fisici ed i metafisici, corroborarli di tutte le prove a priori ed a posteriori, e svilupparli largamente sino alle ultime conseguenze.

Credeasi in Fisica comunemente un gran numero di fenomeni esser prodotti dall'azione di alcune sostanze fluide *imponderabili*, come il Calorico, la Luce, l'Elettro-magnetismo. Pare con ciò si voglia significare, che riguardo a noi non tutti i fenomeni sono spiegabili per la gran legge della gravitazione universale dimostrata da Newton, che fa d'uopo ammettere altre sostanze non gravi, o tali almeno che la loro gravità relativa non sia per anco manifesta; e per mezzo di quello si rende ragione della gran serie dei casi eccezionali, i quali incontransi ad ogni passo nello studio della natura.

La scienza non deve sforzare i fatti: essa si regola con prudenza, allorquando ammette tante teorie radicali diverse, quante sono le classi dei fenomeni, che le si presentano sotto forme scambievolmente inassimilabili. — Ma, può giugnere talvolta un momento, che tra gl'innumerevoli fatti, raccolti per lungo tempo ed ordinati sotto molteplici classi, o per caso o per deliberato studio di uomo si afferra quell'unico vorace nodo che tutti li ricongiunge, quella legge unica fondamentale, dove ciascun dei fenomeni ritrova da sè stesso il proprio posto, il centro della identità, e la ragione delle sue più minute differenze.

Troppo mi lusingherei a credere, che sarò io quel tale che dovrà ridurre ad unica teoria tutti i fenomeni sinora attribuiti all'azione dei Fluidi Imponderabili, concatenandoli in unità di principio con le più note e più generali leggi di questo universo. Una teoria di tal genere si dovrebbe estendere per natura propria a tutti i rami dell'umano sapere: poichè, qual vi ha scienza, fisica o metafisica, in cui innumerabili casi non vengono eccezionalmente spiegati mediante l'azione dei soli Fluidi Imponderabili? — Comprendo la vastità della impresa; e perciò l'abbraccio non come quei che presumono, ma come coloro, che divenuti conscii della necessità di un progresso nella scienza, si sforzano far quanto è in loro per indrizzarvela.

NOZIONI PREMESSE

Premetterò talune Nozioni, imperocchè senza di esse non potrei adeguatamente condurre il mio lavoro.

§ 1 *La materia è composta di elementi primitivi indivisibili.*

È una verità incontrastabile, la quale per solo abuso di matematica potè esser chiamata in dubbio, che: *La materia divisibile dev'essere composta di elementi primitivi, i quali in sè stessi non sieno capaci di verun'altra divisione.* Se la materia fosse divisibile all'infinito, come pretesero taluni provare con le ineffettuabili supposizioni geometriche (1), tutti i corpi, di qualunque grandezza si fossero, sarebbero tra loro sempre uguali, perocchè sarebbero tutti divisibili egualmente, cioè divisibili all'infinito: nè vi è un infinito più grande, ed un infinito più piccolo.

§ 2 *Atomismo e Dinamismo.*

Ciò posto, si presentano i due grandi sistemi finora escogitati, l'*Atomismo* e il *Dinamismo*. Sono soli *atomi*, ossia semplici esistenze, non contenenti nell'essenza loro veruna azione, le quali compongono questo universo? ovvero sono forze attuate, sono *monodinamie*, che tra loro si aggregano? Nel primo caso l'azione si dovrebbe comunicare agli atomi da un principio esteriore ad essi, e dall'uno all'altro si pro-

(1) Bayle più d'ogni altro.

paglierebbe; nel secondo caso le monodinamic, forze esse stesse attuate, riunendosi, produrrebbero un'azione totale, equivalente alla somma totale dei loro numeri e della loro disposizione.

§ 3 *Principii intorno a la natura delle sostanze
semplici elementari.*

Voglio per ora che mi si ammettano come semplici mie vedute i seguenti concetti: il progresso poi dell'Opera chiarirà, se quelle sieno solamente vedute mie, ovvero altrettante verità fondamentali, da cui dipendono tutte le scienze fisiche e metafisiche.

Ognuno degli elementi primi della materia è una sostanza semplice, in sè stessa indivisibile.

La sostanza quanta è, tutta è azione, e nulla più che azione.

La sostanza non solamente è una « forza attuata » secondo opinava Leibniz, ma è un'attuazione semplice, la quale più non si può attuare diversamente nè per forza propria, nè per forza altrui. Essa non contiene veruna potenza inattuata che si debba dappoi esplicare nè dentro sè, nè fuor di sè: ma è ognora la stessa determinata invariabile azione.

Dico *invariabile*, non intendendo perciò, che l'Onnipotenza Divina non possa immutarla da quello stato in cui è. Ma, se Iddio col fatto la trasmutasse, siccome l'essenza di ciascuna sostanza elementare risiede in quel determinato atto sostanziale, allora non sarebbe più quella sostanza che era: ripugnando pur troppo che un'ente continui ad essere lo stesso, quando già è cangiata l'azione sostanziale che lo costituisce. Intendo adunque dire, che ogni sostanza semplice elementare, *finchè non cangia natura, o finchè non è annullata per virtù del Creatore*, è sempre la stessa azione singola, intransitiva, incomunicabile.

Non mi si rimproveri, ch'io mi vada perdendo sin dal principio in concetti assai astrusi e metafisici: qui non ispendo

parola alcuna che non abbia connessione la più stretta con l'argomento de' Fluidi Imponderabili: apparirà a suo luogo il concatenamento delle mie idee. Mi basta per ora svolgere metodicamente le conseguenze che discendono dal mio principio. — Non è accaduto talvolta, che la verace applicazione delle conseguenze giustifichi la verità del principio?

§ 4 *Necessità del contatto mutuo tra tutti gli elementi della materia — Impossibilità di uno spazio assolutamente vacuo.*

L'idea di *azione* accenna da sè stessa la necessità di una relazione ad altri, la necessità di un *contatto*. Non può accadere azione in distanza, dicevano gli antichi: ed io dico, che un'azione sostanziale non può avere per limite il pretto nulla. L'atomo, spoglio nella sua essenza di ogni azione, non può da altri essere circondato che dal solo nulla, perchè egli per sè stesso non dice relazione a verun'altro. Quindi dagli Atomisti, non esclusa la gran mente di Newton, furono ammessi gli atomi immersi uno per uno nel pelago dello *spazio vuoto*. E forse questa, siccome vedremo, è stata in Fisica la cagione che ha fatto non cogliere all'opportuno tempo le più sublimi teorie. — All'opposto, se gli elementi primi della materia sono veri atti intransitivi e permanenti, veri *Enti-Azioni*, essi debbono essere in mutuo contatto fra loro; e da ciò si scorge la ripugnanza di quel sistema, che ammette un interstizio assolutamente vacuo tra un atomo ed un altro. Le azioni sostanziali si toccano per necessità mutuamente, o altrimenti non sono azioni: ognuna di loro deve quindi essere immaginata come dentro una sfera di *contatti* di altre azioni sostanziali, che l'abbracciano e la serrano da ogni dove.

§ 5 *Equilibrio e disequilibrio dei primi gruppi elementari.*

Gli elementi semplici non solamente si toccano a vicenda, ma col mutuo toccarsi si equilibrano, si fermano uno con

l'altro, si mettono in uno stato di permanente unione. Il semplice, che da tutti i lati è circondato da una densa sfera di contatti di altri semplici, non può mai più svincolarsene da sè stesso, poichè ritrovasi serrato da tutti i lati, ed è perciò in perfetto equilibrio. Al contrario, se quella immediata sfera di contatti venisse a risolversi in qualche punto, esso non potrebbe sostenere da ogni parte un perfetto equilibrio con tutti quelli che lo stringono; dovrebbe perciò dirigersi per quel punto donde gli è mancato l'appoggio, dovrebbe aprirsi una via di nuovi contatti lungo i gruppi di altri semplici contigui: laonde, attaccando ognora nuove relazioni con ciascuno di essi, e non trovandovi mai ragione di completo equilibrio, seguir dovrebbe più o men presto il suo corso, fintantochè sarebbe finalmente accolto dentro una novella sfera di altri semplici, che potrebbero chiuderlo e tenerlo in equilibrio da tutte le parti.

§ 6. *Principii intorno a la intransitività ed immutabilità interiore della sostanza elementare in movimento — Natura degli accidenti.*

Da ciò siegue:

Che la sostanza in movimento è sempre quella stessa azione sostanziale ed intransitiva la quale era in quiete: essa non cangia, che le sole relazioni esterne di contatto con le altre sostanze prossime, essa non ispiega nessun'azione nuova dentro di sè, nessun modo nuovo di esistere.

Che i continui cangiamenti, i quali osserviamo nella natura, non appartengono all'intima azione semplice sostanziale, ma sono i risultamenti della cangiata aggregazione delle sostanze: si mutano soltanto l'esterne relazioni di contatto tra gli esseri semplici e tra i loro aggregati, non si cangiano mai l'essenze intime degli Enti-Azioni.

Perciò è falso, che la sostanza semplice elementare possa in sè sola produrre o ricevere accidenti, modi, modificazioni.

La sostanza in sè sola, per dirla colla espressione grammaticale, dev'essere considerata come una cosa *intransitiva*: tutto quello ch'è accidente o variabile, tutto quello che chiamiamo *attivo* e *passivo*, appartiene allo stato di aggregazione degli elementi semplici: l'aggregato si modifica, si muta, non mai l'interno di ciascuna sostanza. Ognuna di esse concorre alla formazione dell'accidente, come ognuna delle parti indivisibili, mutando le sole esterne relazioni di contatto, concorre con tutte le altre a mutare l'intero aggregato.

Comprende ciascuno, che io qui parli delle sostanze semplici *elementari*, cioè di quelle da cui risulta la composizione di questo mondo materiale: mi riservo a manifestare altrove i miei pensieri intorno alle modificazioni, che si dicono appartenere alla sostanza semplice del me.

§ 7 *Ripugna all'esperienza ed alla ragione, che tutti i gruppi di aggregazione elementare sieno eguali tra loro in densità.*

Supponiamo ora, che le sostanze semplici elementari si trovassero in contatto tra loro, ciascuna circondata da un gruppo di egual numero di altre sostanze simili: quale conseguenza seguirebbe da tale supposizione? Seguirebbe, che tutti gli elementi primitivi dovrebbero esser collocati ad una eguale posizione fra di loro: risulterebbero quindi tutti eguali i gruppi di aggregazione, tutti i corpi sarebbero egualmente densi; anzi, non vi sarebbe divisione di corpi, l'intero universo sarebbe unica massa continua ed omogenea.

Ma ciò è contrario alla esperienza. Vi son corpi più solidi e corpi meno solidi, più liquidi e meno liquidi; vi sono fluidi più elastici e meno elastici: le Tavole della densità dei corpi variano indefinitamente.

Ciò che l'esperienza dimostra, vien'ancora confermato dalla ragione.

Le sostanze semplici nel tostarsi, nel fermarsi, nello equilibrarsi a vicenda, come ancora nel separarsi e nel muoversi

una dall'altra, s'influiscono, si sostengono, si resistono mutuamente. Tra loro, o si muovano, o stieno ferme, vi ha un sistema, una solidarietà di azioni, vi ha un equilibrio o stabile o mobile: ognuna delle sostanze semplici null'altro mette fuorchè la individua ed intransitiva azione propria. Se vediamo un solo elemento semplice sostenere l'equilibrio con una immensa massa che gli sta di sopra, ciò accade perchè esso è sostenuto ancora dalle masse susseguenti. Tutto è armonia e mutua corrispondenza nella natura. Onde, quegli elementi che son collocati nel centro di una gran massa, devono sostenere sopra di sè un maggior numero di pressioni di tensioni e di resistenze, mentre al contrario quelli che son posti negli strati più esterni, devono in proporzione sostenerne un minor numero. Ma per sostenere una forza maggiore bisogna l'unione di un maggior numero di sostanze, tanto più condensate e serrate nel centro, quanto è maggiore la tensione delle forze comprimenti. Viceversa, dove la compressione è minore, il numero degli elementi semplici dev'essere in proporzione più raro, e quindi men condensato.

Or, se i corpi componenti questa gran massa mondiale fossero tutti egualmente densi, come stabiliva la precedente supposizione, non si dovrebbe ammettere l'assurda ipotesi che la pressione e la resistenza del gruppo di elementi situati nel centro sarebbero eguali alla pressione ed alla resistenza di un gruppo di elementi posti nelle zone più esterne? Se ciò è assurdo, forza è dire che tutti i corpi non possono essere ugualmente densi; e perciò è falsa la supposizione precedentemente fatta, che ognuna delle sostanze semplici sia in contatto con un numero sempre eguale di altre sostanze simili; ed è vera la contraria, che ognuna di esse è in contatto con numeri disuguali di altre sostanze.

§ 8 *Falso concetto degli elementi semplici e dello spazio che occupano.*

Mi si può opporre una difficoltà, ed io la preveggo. Se gli elementi primitivi sono per sè stessi indivisibili e semplici, egli è necessario che ciascuno occupi un solo indivisibile punto dello spazio. Non si può dunque ammettere, che due elementi semplici consimili possano trovarsi in contatto con due distinti numeri di altri elementi; poichè, in caso contrario si avrebbero dei semplici più dilatati, e dei semplici men dilatati; alcuni estendentisi fino a toccare molti altri elementi, alcuni ristretti in una piccola sfera; alcuni occupanti maggior quantità di spazio, altri minore: il che ripugnerebbe alla loro naturale semplicità.

Una tal'obbiezione nasce dal concetto che comunemente si ha dello spazio, nasce dal credere ch'esista uno spazio veramente vuoto, e che i semplici ne occupino un punto per ciascuno. Ma io qui non ho per iscopo di rettificare l'idea dello spazio e di palesare gli abusi fatti. Dico soltanto, che *sostanza semplice è quella la quale non è composta di parti*: tanto dunque se essa abbia in contatto un gran numero di altri semplici intorno a sè, donde risulta la molecola più composta, quanto se ne abbia in contatto un minor numero, donde risulta la molecola men composta, (purchè quella sostanza veramente non sia composta di parti, nè in parti sia divisibile) sarà pur sempre un'azione semplice intransitiva, un vero atomo elementare.

Che significa dunque una molecola essere diversa, essere più composta di un'altra? Significa, che una sostanza semplice può essere abbracciata, serrata da una corona di contatti di altre sostanze semplici, o in maggiore o in minor numero. La sostanza semplice, che sarà circondata dal contatto di dieci soli semplici, costituirà una molecola ben diversa da quella, che costituir può un'altra sostanza semplice cinta dal contatto di venti o di trenta semplici.

§ 9 *L'universo è una sola massa, ed è una riunione di tante masse diverse in volume e in densità.*

In virtù del mutuo necessario contatto degli elementi semplici tra loro l'intero universo costituisce una sola massa, una sola aggregazione, in guisa che tutte le parti si concatenano e s'influiscono mutuamente senza interruzione alcuno. In virtù poi del maggiore o minor condensamento del gruppo di contatti, che ha ciascuna sostanza semplice intorno a sè, l'universo dividersi in tanti corpi differentissimi di volume e di densità, dai quali sorge quella vasta molteplicità che noi osserviamo.

Io concepisco l'universo come una gran massa di Enti-Azioni, ossia di sostanze semplici, ognuna indivisibile, extraposte l'una all'altra, tutte in reciproco contatto, e ciascuna circondata da un gruppo più denso o meno denso di altri esseri consimili.

§ 10 *Della molecola — Dello stato di ammolecolazione — Dei corpuscoli — Dei corpi — Della omogeneità ed eterogeneità delle masse.*

Chiamerò *molecola* quel gruppo di sostanze semplici, il quale compone un solo primitivo sistema di azione in guisa che, o si muove tutto unito, o tutto unito si ferma. E quindi distinguerò *l'azione semplice intransitiva* o la sostanza elementare, e *l'azione risultante* cioè la composizione di più azioni semplici in mutuo contatto. Ammetterò in conseguenza molecole più dense e molecole meno dense, come più o meno densi sono i gruppi che formano i primitivi sistemi di azione. Dirò che una molecola *conserva il suo stato di ammolecolazione*, allorchando conserva in permanente sistema di unione il numero e la disposizione delle sostanze semplici da cui è composta. Al contrario, qualora il numero delle sostanze sem-

plici si accresce o si diminuisce, la disposizione si trasforma, l'azione risultante diviene diversa, allora dirò *cangiarsi lo stato di ammolecolazione* di quella molecola, ed essa diventare una molecola di altra specie. Può, restando il numero e la disposizione delle parti, cangiarsi la sola densità della molecola, rendendosi più o meno ristretta, più o meno dilatata, per istare in correlazione colle altre molecole che la circondano: ma in tal guisa la molecola non cangia natura.

Secondo tali vedute, tutti i corpi sono composti degli stessi elementi primitivi, cioè delle stesse azioni sostanziali: opinione antica, riprodotta e sostenuta più volte senza ragione, ed altrettante senza ragione rigettata (1). La diversità incomincia dalle molecole, le quali costano o di un maggiore o di un minor numero di sostanze elementari, or disposte in una guisa ed ora in un'altra; ed essendo diverse le molecole, diversi ancora risultano gli aggregati. La diversità è figlia della pluralità, della composizione: non mai del semplice, dell'uno, della sostanza intransitiva ed indivisibile. — La Chimica, nello scoprire quelli che essa chiama *elementi dei corpi*, scopre soltanto le loro molecole, ed alle volte le riunioni prime di molecole che costituiscono i *corpuscoli*; ma nessuno perverrà mai ad isolare un elemento primitivo, ossia un'azione semplice sostanziale, imperocchè essa non può mai esistere in uno stato di completa isolazione, non può mai essere circondata da una sfera di vacuo assoluto: l'azione esige da sè stessa il *contatto*, deve perciò riunirsi da tutti i punti con le altre azioni semplici, nè può altrimenti sussistere che in mezzo a quel gruppo, il quale noi abbiamo denominato *molecola*.

(1) La isomeria tra i corpi semplici comincia pure ad essere vagheggiata dalla Chimica odierna: perocchè, sebbene non si è arrivato mai a trasmutare un corpo semplice in un altro, pure tra essi si trovano degli equivalenti o eguali o multipli o submultipli, come si trovano nei corpi composti quando sono *isomerici* — Veggasi Dumas, *Lezione VIII di Filosofia Chimica*.

Le molecole, o simili o di specie diverse, tenendosi tra loro in un reciproco contatto, producono l'aggregazione e formano i corpi. Del pari, i corpi riunendosi compongono l'universo.

L'universo perciò è una massa tutta omogenea, se si riguardano le azioni elementari che lo compongono; è una massa tutta eterogenea, se si riguardano le molteplici varietà di aggregazioni e di ammolecolazioni. E con ciò torna a riconfermarsi il principio stabilito innanzi, che *le mutazioni ed i cambiamenti non appartengono all'interno di ciascuna sostanza semplice, ma appartengono al multiple, al risultamento, cioè alle molecole ed agli aggregati.*

§ 11 *Necessità a priori dell'attrazione universale.*

Per mezzo della sottile analisi nella quale ci siamo introdotti, parmi, s'io non erro, potersi ridurre ad una più semplice e più generale espressione la legge dell'*attrazione universale* dimostrata da Newton.

Poichè, se si domandasse alla scienza attuale: per qual ragione il corpo maggiore attira il minore? per qual ragione l'uno si muove verso l'altro con una velocità in ragione diretta delle masse ed inversa del quadrato della distanza? la scienza potrebbe solo rispondere: ciò è un *fatto*, un fatto incontrastabile, osservato costantemente da tutti i luoghi, corrispondente a tutti i calcoli; ma è un fatto primitivo, di cui non si può assegnar la ragione, non si può dimostrare a priori la necessità.

Or io credo, che l'attrazione universale non è mica una semplice verità di fatto, ma è una verità di ragione, una verità che scaturisce dai concetti stessi che abbiamo precedentemente stabiliti sulla natura delle azioni semplici sostanziali, che compongono la intera massa di questo universo. Difatti, l'attrazione universale è la stessa che l'attrazione reciproca, e questa è la stessa che il contatto mutuo necessario tra le

zioni semplici, tra le molecole, tra gli aggregati. Onde io dico, che tanto è impossibile che le masse non si attraggano mutuamente, quanto è impossibile ch'esistano azioni semplici elementari, segregate una dall'altra e cinte rispettivamente da una sfera di vuoto assoluto.

Rischiariamo meglio questa importante materia.

Io voglio che mi si conceda, almeno per ora come una ipotesi, la necessità del contatto mutuo delle sostanze semplici tra loro. Io voglio che mi si ammetta la ripugnanza a priori, che veruna di esse sia circondata da uno spazio assolutamente vuoto. Ecco poi la catena delle proposizioni che ne deduco.

Se è impossibile concepire le sostanze semplici isolate una dall'altra, è necessario concepirle tra loro riunite. Non è dunque un mero contatto passivo quello che esiste tra loro, ma è un contatto attivo e dinamico che produce un risultato di forze attuate, una composizione, una somma di azioni. Da ciò emerge, che qualora si tentasse isolare le sostanze semplici le une dalle altre, si osserverebbe il massimo della resistenza; ed all'inverso, svilupperebbesi tra loro il massimo dell'attrazione reciproca. Sicchè, quando è minore il numero degli elementi semplici che compongono una molecola, quando anzi è più cospicua la loro rarefazione, allora si esercita l'attrazione maggiore, allora la maggior forza. Se mai una delle sostanze semplici che concorrono alla formazione di una molecola potesse (per un' assurda ipotesi) rimaner immobilmente fissa ad un punto, e se mai si potesse (per un' ipotesi non meno assurda) appendere un intero mondo a quelle altre sostanze semplici che con essa si ammolecolano, vedrebbe quella sola sostanza sostenere il peso dell'intero universo, anzichè isolarsi e restar priva di ogni altrui contatto.

Il Sole esercita la sua attrazione sulla Terra e sugli altri pianeti, non già a traverso di uno spazio totalmente vuoto, ma in virtù del continuo e sussecutivo contatto di tutti gli

esseri sottilissimi, che s'interpongono tra lui e le masse che gli ruotano intorno. Benchè i Fisici provino con ragioni desunte dall'Ottica, che al di sopra della nostra aria atmosferica esista un vuoto, non intendono perciò dire, che vi sia realmente uno spazio vuoto e privo di ogni sorta di esseri.

Questa pure è la causa per la quale è impossibile produrre il vuoto dentro qualsiasi vase (parlo di un vuoto totale); imperocchè, quanto più si assottiglia la composizione molecolare, tanto cresce la reciproca attrazione, la necessità del mutuo contatto.

§ 12 Che cosa veramente è la distanza?

Or, s'è vero che lo spazio puro non esiste, s'è vero che tutti i corpi dell'universo sono in reciproco contatto, s'è vero che i componenti delle prime ammosciolazioni e di tutti gli aggregati successivi sono disuguali in numero, in disposizione ed in densità, sembra discenderne chiaramente che, quando si misurano gli spazii, ovvero le distanze, non si misura nessuna cosa effettivamente, nè si può guadagnare una norma fissa per servire di paragone. Così pare perder di valore la gran legge espressa da Newton: *il corpo maggiore attira il minore in ragion diretta delle masse, ed inversa del quadrato delle distanze*; imperciocchè le masse sono veramente cose reali, sono riunioni di sostanze elementari; ma le distanze (per quanto ne ho detto) non corrispondono a veruna cosa di reale, perchè nè lo spazio vuoto è reale, nè i corpi son tutti della stessa densità, benchè compresi dentro eguali distanze.

Questo argomento merita attenzione.

Se i corpi fossero tutti fluidi o liquidi, l'uomo non potrebbe acquistarsi idea precisa di misura, e se pur si potesse avere idea di distanza, sarebbe un'idea assai confusa, perchè di una distanza non mensurabile. Però tal supposizione è impossibile, poichè per esister l'uomo è necessario, che oltre

i fluidi e i liquidi esistano ancora i solidi. Ora i solidi, mantenendo per lungo tempo la coesione delle loro molecole, possono servire di unità relativa alla misurazione; e per mezzo di loro l'uomo determina la quantità delle distanze. Ma in tali misure egli non si accerta, nè può accertarsi giammai del numero preciso di elementi semplici, che entrano nella composizione dei volumi sottoposti alla sua osservazione; solamente confronta quei volumi con la unità relativa, la quale prende per misura invariabile, come ben solida; dal confronto poi nasce il calcolo delle quantità e delle differenze. Onde accade, che di due volumi uguali in misura, uno contiene tanti milioni di esseri semplici, che non si ritrovano nell'altro.

§ 13 *Nella legge dell'attrazione si deve calcolare non solamente la ragione diretta delle masse e la inversa dei quadrati delle distanze, ma ben anche la natura speciale dei mezzi di attrazione interposti tra massa e massa.*

L'attrazione dimostrata e calcolata da Newton si estende da massa a massa in lontano; ma tra l'una e l'altra non s'interpone il puro vuoto; vi s'interpongono altre masse, le quali io chiamo *mezzi di attrazione*. Ciò posto, sorge naturalmente un dubbio: le distanze non son'altre cose che i mezzi di attrazione frapposti tra una massa ed un'altra, sono perciò delle altre masse intermedie; ma la composizione molecolare di qualunque massa è sempre diversa: dunque, dovendo determinare la ragione inversa dei quadrati delle distanze, si deve tenere in considerazione la varietà della composizione molecolare di tutti i diversi mezzi?

È chiaro dalla formola stessa del principio di Newton, che egli calcola la ragione inversa sulla semplice misura della distanza, qualunque sia per essere la varia composizione dei mezzi. Or da quanto io ho premesso parrebbe conseguitare il contrario. Imperocchè, se l'*attrazione universale* è identica col *mutuo continuo contatto*, se la composizione dei contatti

varia dalle prime molecole sino ai più grossi aggregati, pare che l'attrazione risultante dovrebbe essere proporzionale ai diversi gradi di composizione molecolare; i quali gradi non essendo pienamente determinabili dappertutto, non darebbono mai esatte basi per calcolare la vera ragione inversa dei quadrati delle distanze.

Intanto la esperienza conferma e dimostra sempre vera la teoria newtoniana.

Ciò non deve recar meraviglia. I calcoli di Newton riguardano sempre i pianeti o le attrazioni astronomiche. Ora i mezzi che s'interpongono tra i pianeti ed il loro centro di rotazione; come ancora tra i satelliti ed i loro pianeti, conservansi presso a poco nella medesima composizione molecolare; imperocchè nelle grandi regioni dello spazio celeste la ragione dei cangiamenti molecolari è rarissima, e non opera quasi mai; laonde la velocità del moto prodotta da quelle attrazioni può ben computarsi secondo la semplice misura delle distanze, le quali sono permanentemente occupate da mezzi operanti nello stesso modo, perchè formati da costante composizione di molecole.

Conchiudo da ciò, che *quando vi sono masse eguali le quali mutuamente si attraggono, e quando i mezzi tra loro interposti hanno una differente composizione molecolare, benchè fossero ad uguali distanze, pure il risultamento delle rispettive attrazioni deve per necessità riuscire diverso.*

Allora appajono tutti i casi eccezionali, che sembrano allontanarsi dalla gran legge dell'attrazione universale, allora sembra che alcuni agenti poderosi, senza punto obbedire alla legge della gravità universale, detti perciò *imponderabili*, vengono a produrre altra sorta di effetti, vengono a disturbare le note regole della materia ponderabile. Ma in tali casi, a dir vero, non manca l'attrazione universale, poichè il mutuo contatto dei semplici è impossibile che manchi giammai nella materia: manca dunque l'identità della composizione molecolare nei mezzi interposti fra le masse che si attraggono; o piuttosto

l'errore è dell'uomo, il quale vorrebbe effetti identici, mentre le condizioni e le cause sono in gran parte diverse.

Fin qui mi pare aver toccato da fuori appena la quistione; avvegnachè non basta dire che il mezzo è quello pel quale si esercita l'attrazione tra due masse distanti; non basta dire che il mezzo, secondo la diversità della sua composizione molecolare, influisce diversamente nel prodotto dell'attrazione; ma è necessario ancora determinare quanto e come concorra la diversa composizione del mezzo a produrre il risultamento dell'attrazione.

Una molecola è un gruppo di sostanze semplici che fanno tra di loro un sistema di azione. Ogni molecola è diversamente composta, secondochè maggiore o minore è il numero, o diversa la disposizione delle parti che fanno tra loro il sistema. Ogni molecola è in contatto con altre molecole: talvolta fa sistema con esse, talvolta se ne separa per riunirsi successivamente con altre. Per la ragione dei contatti mutui, lo dissi sopra, l'intero universo forma unica massa di aggregazione (§ 9) — Or, la forza di attrazione è una forza di unione: la forza di unione non può agire a traverso dello spazio vacuo, essa agisce per mezzo le unioni stesse già esistenti. Laonde in ogni molecola dell'universo esiste la forza di riunione immediata di quelle sostanze semplici che la compongono; ed esiste il peso, s'è lecito così esprimersi, la pressione, il risultamento di tutte le molecole, di tutte le sostanze unite di questo universo, le quali una all'altra si appoggiano. — Da ciò siegue, che la forza di unione, o direi meglio, la forza di attrazione dev'essere maggiore tra un semplice e quelli che con lui immediatamente si ammolecolano, anzichè tra lo stesso semplice e quelli che si attaccano con esso mediatamente, cioè per lo mezzo di tutte le altre molecole ed aggregati interposti.

Se le molecole primitive fossero tutte omogenee in composizione, il moto sarebbe impossibile nel mondo; dapoichè ognuna delle sostanze elementari sarebbe completamente equilibrata

e tenuta in sistema dalla corona delle sostanze compagne. Ma già avvertii, che questa omogeneità universale di molecolo è impossibile (§ 7), imperciocchè ai centri delle grandi masse debbonsi necessariamente trovare le molecole più composte per la pressione universale di tutte le altre zone.

§ 14 *Della pressione reciproca e della condensazione dei centri.*

La *pressione* ch'esercita un corpo su di un altro è il risultamento dell'azione composta da tutte le molecole secondo una determinata direzione. Allorchè molte azioni semplici sostanziali fan sistema tra loro agglomerandosi in forma di molecole, allorchè le molecole si aggregano in forma di corpi, è chiaro il risultamento totale dell'*azion composta* dover corrispondere al numero ed alla disposizione delle azioni primitive sostanziali. Se un tal sistema di esseri semplici trovasi completamente equilibrato fino a tutta la sua periferia, allora la sua *pressione* (ossia il risultamento totale delle azioni semplici che lo compongono) si trova egualmente divisa a tutti i corpi che gli sono circostanti. Esso però, nel trovare ragion di equilibrio nella compagnia di altri corpi, serve pure ad equilibrare con la sua resistenza e pressione quegli stessi corpi che lo circondano: perciò un corpo cinto da altri corpi sente su di sè la *pressione*, ossia il risultamento generale delle azioni di tutti quei corpi che lo cingono, non che di tutti quelli che su di essi di grado in grado si appoggiano. Onde, se una massa poco densa si trovasse costituita in mezzo ad altre masse assai più dense che da ogni parte la premessero, non potrebbe mai resistere, non potrebbe mai equilibrare un tanto risultamento di azioni, senza ancor essa raddensarsi in corrispondenza della pressione totale a cui sta sotto. Quindi si ritorna a confermare, che i centri delle masse composte sono sempre più composti.

§ 15 *Influenza della diversità numerica nella composizione molecolare.*

Pittagora diceva, che il mondo è regolato dai numeri; e la medesima dottrina si è trovata presso molti popoli, particolarmente presso i Cinesi. Io non so se essi intendessero lo spirito di ciò che dicevano, molto più che la dottrina dei numeri era da loro tradizionalmente ripetuta, e poco o nulla applicata. È certo però che la ragione numerica delle cose regola le vicende tutte dell'universo. — Se un numero di elementi semplici, che abbraccia e serra un altro elemento, serve a stabilirlo in equilibrio ed a formar con esso un sistema o una comunanza di azioni, è chiaro, che essendo differenti i numeri e la disposizione degli elementi riuniti in una molecola, differenti pure debbono risultare le ragioni del loro sistema di equilibrio, differenti le ragioni della loro fermezza molecolare. Cento elementi semplici componenti una molecola non possono dare lo stesso risultamento, nè possono produrre un sistema di equilibrio, eguale a quello che darebbero dugento elementi i quali compongono un'altra molecola, molto più se sono diversamente disposti.

Vi ha dippiù. Alcune numeri son migliori di altri a costituire un sistema più permanente, un più completo equilibrio.

Vi ha dippiù ancora. Alcuni numeri son disposti meglio che altri a congiungersi con un altro gruppo numerico e formar con esso un risultamento, o un gruppo totale, che ha maggior forza di sistema e più completa ragione di equilibrio.

§ 16 *Ragioni che producono la fusione delle molecole e la loro riammolecolazione. — Affinità chimiche.*

Con tali vedute incominciamo a considerare la formazione delle molecole. — Ogni molecola è un sistema di semplici, i



quali conservano fermezza tra di loro, e muovonsi rispetto ad altri con unità di movimento. Di due guise può esser turbata quella ragione di fermezza che risiede nello interno di una molecola: o per forza totalmente esteriore, o per disposizione propria, mista a concomitanza di forze esteriori. Se una gran pressione, o una gran distrazione, derivanti dall'azione complessiva di altri corpi, obbliga la molecola a ricevere nel suo seno altri esseri semplici o altre intere molecole, o pure obbliga la molecola a dividersi, e ad abbandonare un certo numero di semplici ch'essa conteneva, allora la interiore fermezza molecolare vien turbata da forza totalmente esterna. Se però due o più molecole di diversa composizione numerale, essendo vicine, per ragion del rispettivo numero tendono a congiungersi e formare una molecola di sistema più completo, allora il turbamento della interna fermezza molecolare nasce dalla ragione intima delle stesse molecole, e dalla cooperazione che debbono necessariamente prestarvi le molecole che sono intermedio, o pure vicine.

Nell'uno e nell'altro caso accade la *fusione moleculare*; la prima, per dir così, è forzata, è comandata dal bisogno, dalla strettezza della pressione, o dalla violenza della distrazione; la seconda è per simpatia, per genio, per affinità, per l'oggetto di venire a maggiore stabilità di unione. Nel primo caso sogliono risultarne alcune molecole, o estremamente rarefatte, o estremamente composte, in ragione sempre della forza o comprimente o distraente; ma tali molecole, siccome sarà detto altrove, sogliono essere poco disposte a subire altre decomposizioni, resistono agli agenti più poderosi e sentono poco la efficacia delle affinità. Al contrario, le molecole che risultano nel secondo caso, sono regolato dalla variabile ragione dei numeri componenti, sottostanno a tutti i cangiamenti della forza di affinità, si disciolgono e si ricompongono con maggior prontezza.

La stessa ragione numerica dei componenti che obbliga le molecole a fondersi e riunirsi, le obbliga altresì, nel caso

dello scioglimento e delle decomposizioni, a ritenere costantemente un determinato numero di componenti, ed a dimetterne pure un determinato numero. Per tale ragione alcune molecole possono sottomettersi alle più poderose azioni meccaniche o chimiche, ed essendo decomposte danno sempre per prodotti alcune serie di molecole le quali, per qualunque altra operazione ulteriore, restano invariabilmente le stesse.

Tutte le anzidette cose dipendono dalla diversa composizione numerica delle molecole, e dalla necessità del mutuo universale contatto.

Ecco perchè la quantità dell'attrazione non può rigorosamente essere calcolata sulla sola misura dei quadrati delle distanze. Se si eccettua il solo caso che le distanze fossero ripiene di *mezzi* costantemente identici in composizione, come erano quelle in cui Newton fondava i suoi calcoli astronomici, in tutte le altre specie di distanze che possono essere piene di *mezzi* diversamente composti, si sviluppano di continuo decomposizioni e ricomposizioni che alterano la natura del *mezzo*, e perciò accelerano o ritardano, accrescono o diminuiscono la ragione dell'attrazione tra le masse distanti. — Non mi affatico a corroborare di esempi le Nozioni fin qui esposte, perchè la Chimica in tutti i suoi operati presenta incessantemente effetti più o men rapidi, che sembrano non soggiacere alla regola dell'attrazione universale, avvenchè non sono in ragione diretta delle masse, nè in ragione inversa dei quadrati delle distanze, come dovrebbero essere secondo il principio di Newton; ed in tutti quei casi si dicono essere in giuoco le *affinità chimiche*, le quali producono le fusioni molecolari e le nuove riammolecolazioni. Parimenti la Fisica offre tanti altri effetti che si oppongono all'anzidetto principio di Newton; ed allora si dicono operare i *fluidi imponderabili*; i quali perturbano il corso naturale della gravitazione che appartiene alla materia *ponderabile*. Anzi abbiamo di recente, che i Chimici si sono uniti ai Fisici, imperciocchè Berzelius ha dimostrato che tutto le *affinità chimiche* dipen-

dono dalla varia ragione della *elettricità*, e dalla varia influenza del *calorico* e della *luce*, i tre agenti creduti *imponderabili*.

§ 17 *Della resistenza — Della compressione — Della rarefazione — Della densità.*

Seguitando pur tuttavia a considerare sotto queste vedute le prime molecole, è necessario convenire, che ognuna di esse, siccome tiene in sistema di equilibrio tutti i suoi componenti, deve opporre sino a certo punto una *resistenza* a qualunque altra molecola che, spinta da esterna forza comprimente, cerchi di penetrarla e fondersi con essa. Come ancora, considerando la cosa all'inverso, cioè nel caso che succeda, invece di una compressione, una forte rarefazione molecolare, e che si tenda, per dir così, a distrarre gli elementi semplici di una molecola dagli altri elementi, anche in tal caso ognuna delle molecole, in forza del proprio interno equilibrio, presenterà una *resistenza*, primachè si decomponga e si disciolga in altre molecole di minore composizione.

In un solo caso dovrebbe non esservi tal resistenza, quando le molecole da sè stesse, in ragione del rispettivo numero e disposizione di parti, spiegano tra loro una mutua affinità per dissolversi, ricongiungersi e formare altra molecola di più stabile equilibrio. Sarebbe quello il solo caso in cui opererebbero, come si disse, le *affinità chimiche* (§ 16). Ciò non ostante, anche in tal caso l'equilibrio già esistente in una molecola oppone sempre una certa *resistenza*, pria di fondersi ed eseguire l'accomunamento delle sue parti elementari con quelle di un'altra molecola affine. La qual *resistenza* non è sempre di un grado; ma talvolta è tanto piccola, ch'è appena percettibile; ed alle volte pare che due corpi, appena si trovino uno accanto all'altro, o quasi, per così esprimermi, senza essersi ancora toccati, si combinano subitamente e fanno comunanza delle loro parti elementari. Quello però che dimostra anche in tali casi esistere una mutua resistenza tra le

molecole pria di congiungersi, si è appunto che in qualunque giuoco di affinità chimica è sempre necessario un grado determinato di *calorico*, il quale serve a vincere la forza della mutua resistenza. Laonde lo stabilisco per ora, che ogni riammolecolazione, cioè ogni scioglimento, scomposizione, fusione e formazione di nuove molecole, succede per causa di accresciuta *compressione* o di accresciuta *rarefazione* nelle masse. Tanto sotto la *compressione*, quanto sotto la *rarefazione* opera sempre, con maggiore o con minore energia, la *ragione numerica dei componenti*; imperocchè bisogna mai non dimenticare, che alcuni numeri tendono meglio di altri a riunirsi e fermarsi con altri determinati numeri, e perciò alcune molecole meglio di altre tendono a stabilire fra loro un più perfetto sistema di equilibrio. Tutto dunque si riferisce alla *ragione numerica degli elementi semplici*, sia che si riguardino le molecole secondo cui si opera l'affinità, sia che si riguardino le masse secondo cui si operano la *compressione* e la *rarefazione*. I numeri regolano il mondo, secondo diceva Pitagora (§ 15).

Una molecola si deve chiamare più *densa* di un'altra, quando ciascuno de' suoi elementi semplici è in contatto con un numero di altri elementi, maggiore di quello con cui è in contatto ciascuno elemento semplice di altra molecola. Al contrario, è meno *densa*, quando ognuno dei semplici è in contatto con un numero minore di altri semplici. Or, essendo unite molte molecole *dense* in un sol corpo, è chiaro dovervi essere condensazione molecolare congiunta a restringimento di volume; come all'opposto, la minore condensazione delle molecole cagionar deve nel volume una maggiore dilatazione.

§ 18 *Antagonismo tra la dilatazione ed il restringimento —
Influenza della diversa densità molecolare.*

Ecco com'è facile comprendere la necessità dell'*antagonismo* che deve esistere tra la *dilatazione*, ed il *restringi-*

mento. Imperocchè tutta la gran massa mondiale, a causa di non poter esistere un vuoto del tutto puro, si trova in una vera continuità. Laonde nulla si può *restringere*, se non a spese di altri che si *dilati*; e viceversa, nulla si può *dilatarsi*, se non a spese di altri che si *restringa*. Dissi *antagonismo*, poichè nello stesso tempo che si opera in una parte o la *dilatazione* o il *restringimento*, in altra per continuità di azione si opera la cosa opposta.

Come nelle singole molecole è diverso il grado della densità degli elementi semplici, così negli aggregati può esser diverso il grado della densità delle molecole. Laonde, siccome in ciascuna molecola vi ha una *resistenza* a cangiare il proprio stato, e divenire molecola di altra specie, così in ciascun aggregato vi ha una costante resistenza a mutare la propria attualità, e divenire aggregato di altra specie.

La *resistenza* di cui sovente ho parlato non è qualche cosa per sè sussistente, imperciocchè null'altro di reale sussiste nella natura materiale, eccetto quelle azioni semplici sostanziali, le quali rimasendo pur sempre intrinsecamente le stesse, fanno cangiare aspetto ai risultamenti dell'universo cangiando tra loro la forma dell'aggregazione. In conseguenza, allorchè si dice, che le molecole o gli aggregati resistono, pria di esser cangiati in molecole o aggregati di altra specie, non si vuol dire, che essi sviluppino qualche novella forza, o nuova specie d'intrinseca potenza: soltanto s'intende con ciò significare, che qualunque molecola o qualunque aggregato, sottoposti ad un risultamento di compressione, o ad un risultamento di rarefazione, priachè sciolgano il loro già esistente equilibrio, incominciano a *raddensarsi* o a *dilatarsi* entro sè stesse; frattanto serbano ancora il numero dei loro componenti, non permettendo l'entrata di altre sostanze nella loro sfera, nè la uscita delle proprie. Lo stesso che dire: innanzi che succeda la dissoluzione o la nuova ricomposizione, tanto le molecole quanto gli aggregati, conservandosi nel loro numero elementare, internamente risentono sino ad un punto l'effetto

della compressione o quello della rarefazione, restringendosi o dilatandosi entro sè stesse. Che se ciò non fosse, tutti i cangiamenti di molecola e di aggregato succederebbero senza iniziativa, senza veruna graduazione, senza progresso nè compimento: il che è contrario alla ragione ed alla esperienza.

Chiamerò *dilatazione della densità molecolare*, ed in opposto chiamerò *restringimento della densità molecolare*, quei due stati contrarii, in cui una molecola, prima ancora di sciogliersi, prima di perdere o di accrescere il numero de' suoi componenti, comincia ad espandersi, o comincia a raddensarsi in sè stessa. Chiamerò *dilatazione di volume*, o pure *restringimento di volume* quei due stati contrarii, in cui un aggregato, prima ancora di sciogliersi, comincia a dilatarsi, o a restringersi entro sè stesso, cioè nell'unione delle sue stesse molecole.

Perciò l'*antagonismo* tra il *restringimento* e la *dilatazione* sussiste, semprechè alcune molecole o alcuni aggregati si ritrovano sotto una forza che li comprime, mentre altre molecole o altri aggregati si trovano in senso opposto sotto una forza che li fa espandere. Allorquando però la forza di compressione o quella di rarefazione stringe o espande le molecole sino ad un punto, che supera lo stato di sistema, lo stato di equilibrio molecolare, cioè la *resistenza*; allora le molecole si fondono, allora accade il caso delle nuove riammolecolazioni.

Le dilatazioni ed i restringimenti sarebbero pur sempre in istrettissima corrispondenza ed in eguale misura fra loro, se tutta l'aggregazione di questo mondo fosse composta di molecole ugualmente dense. Ma ciò essendo impossibile, e le molecole, non meno che gli aggregati, essendo variamente densi, ne siegue che ad alcune compressioni non corrisponde un'uguale rarefazione, e viceversa. La eterogenea densità delle molecole o degli aggregati è la cagione che turba l'esattezza dell'*antagonismo* tra i due stati contrarii, ed è insieme la cagione che produce tutte le scomposizioni e le nuove riconpo-

sizioni di molecolo e di aggregati. Perciò non vi ha mai risomolecolazione, che l'antagonismo tra la dilatazione ed il restringimento non venga turbato: allora o l'una o l'altro prevale, e si sviluppa il *Chimismo*.

§ 19 *Vera inerzia, e falsa inerzia.*

Tanto sotto la forza di compressione, quanto sotto la forza di rarefazione, vi ha nelle singole molecole, come pure nei singoli aggregati, una specie di *tensione* per mantenersi ognuno di essi nel proprio stato di equilibrio. La qual tensione non è altro che l'equilibrio medesimo il quale, cominciando a risolversi, si oppone alla sua medesima risoluzione; e l'equilibrio non è altro che una composizione tale di elementi, che il loro risultamento totale possa sino ad un certo punto star da sè, produrre sistema ed unità di movimenti. La forza d'*inerzia* corrisponde a questa specie di *tensione*, che hanno naturalmente tutte le composizioni per rimanere, o per entrare nello stato di equilibrio e di sistema. Avvegnachè l'*inerzia* è anch'essa uno dei risultamenti della composizione, non è una potenza per sè, nè altra cosa diversa dai componenti riuniti.

Però, parlando dell'*inerzia* gioverà notare, ch'essa è stata finora intesa in due sensi, uno dei quali è pienamente erroneo, l'altro degno di qualche correzione.

Il primo senso è quello in cui l'intesero alcuni vecchi Filosofi, che la materia fosse per sè *inattiva*, quasi massa morta, a cui fa' d'uopo comunicare dall'esterno l'attività, per potersi muovere, ed anche per potersi aggregare. Io non mi fermerò a confutare tal parere, poichè esso non solamente non ha fondamento in natura, ma ha per contro tutta l'esperienza del mondo. La materia senza interna azione, ossia gli elementi senza mutuo contatto, senza mutua composizione, non sono stati mai osservati; ed è, non l'esperienza, ma la nostra mente che divide i corpi, i quali però si presentano

sempre aggregati, sempre composti, sino ai loro elementi. L'idea di una materia senza azione sorge dal vecchio concetto aristotelico, che distingueva la *materia* dalla sua *forma sostanziale*, cioè la massa morta ed inattiva degli elementi per sè divisi e disaggregati, e la forza motrice, la forza producente, che li congiunge, li sggomitola, li mette in attività e movimento. L'idea di una materia senza azione è nata, e sempre ha avuto nutrimento dall'abusiva idea di uno spazio perfettamente vuoto: questa idea ha fatto supporre gli elementi primi come destituiti di qualunque forza aggregativa, e sepolti uno per uno dentro l'abisso del vuoto, ossia del nulla.

I Fisici però si son'avveduti di buon'ora, che l'*inerzia* non può essere equivalente alla inattività, ed hanno ricusato tal concetto. Veggansi le Opere Filosofiche di Beniamino Franklin, *Lettera ad Hopkinson*.

Il gran Newton definiva così la legge d'inerzia: *Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare*. Tal concetto può avere doppio significato, perocchè, riguardando solamente la parte del moto, può significare che il movimento sia qualche cosa esistente per sè, e distinta dal corpo che si muove; in guisachè, ogni qualvolta s'imprime il moto ad un corpo, gli si comunichi una tal cosa, che da sè non si può estinguere, e perciò dev'essere distrutta da eguale forza di moto che venga a contrapporlele. Può ancora significare, che un corpo per sè solo, ed in forza de' suoi componenti, non basta mai a mutare il proprio stato, e perciò è necessario, che vi si aggiunga la cooperante azione altrui per farlo passare o dal moto alla quiete, o dalla quiete al moto: lo stesso che dire, ogni cangiamento di stato suppone necessariamente cangiato risultamento di elementi.

La legge d'inerzia espressa da Newton, se s'intende nel primo senso, è totalmente falsa; nel secondo solamente è vers. Newton partecipò delle idee atomistiche, e sostenne la nozione di uno spazio completamente vuoto, avanzò dei vec-

chi principii aristotelici ch'egli bevve in Filosofia. Secondo tali vedute ogni atomo doveva a lui sembrare privo di forza propria e di movimento; perciò il moto parevagli una cosa comunicata al corpo che si muove; ed impresso che si fosse un dato movimento in un corpo, aspettava per distruggerlo un altro moto egualmente impresso. Concepita in tal modo la legge della inerzia, esclude dal suo dominio e rende inesplicabili tutti quei fenomeni, in cui si veggono risultamenti di moto non proporzionali ai movimenti impressi, come sono tutti i fenomeni chimici, e tutti quelli dove si credono operare i Fluidi Imponderabili. Il semplice contatto di una sostanza con un'altra basta talvolta a destare le più terribili esplosioni: alquante coppie di metalli eterogenei toccantisi fra loro sono sufficienti a sviluppare una tanta forza di elettricità, che può rovesciare un uomo per terra, può fondere e volatilizzare i più duri metalli. Qual proporzione tra il movimento impresso, ed il movimento prodotto? Ecco perchè si è dovuto ricorrere al concorso di alcuni poderosi agenti imponderabili, o di alcune speciali forze di affinità, le quali credonsi operare cotanti effetti non proporzionali ai movimenti apparenti.

§ 20 *Che cosa è il moto? che cosa è la quiete? — Moto vero, moto apparente — Quietè vera, quiete apparente.*

Ma, se si riflettesse che il moto e la quiete non sono per sè veruna cosa reale; che il comunicarsi e il distruggersi del movimento sono espressioni nostre metaforiche; che in natura null'altro vi ha di reale, tranne le semplici azioni sostanziali, dal cui mutuo contatto risultano sistemi eterogenei di molecole e di aggregati; che la eterogenea ammolecolazione ed aggregazione produce l'impossibilità di un equilibrio universale e totale; comprenderebbesi allora che *l'equilibrio permanente costituisce la quiete; e che il disequilibrio costituisce di necessità un cambiamento continuo ed una continua*

sostituzione di contatti tra molecole e molecole, tra aggregati ed aggregati, al che diamo nome di moto. Laonde, il moto incomincia coll' incominciare di un disequilibrio in un qualunque sistema di composizione; e si distrugge col cessamento del disequilibrio, per nuove acquistate relazioni di fermezza.

L'equilibrio può dunque esser considerato in diversi sistemi, cominciando dalla più piccola molecola sino ai maggiori aggregati. — Vi sono però due specie di equilibrio, uno *apparente*, l'altro *vero*. Il *vero* è costituito da quel determinato numero di sostanze prime, o da quel determinato numero di molecole che compongono tra loro un interno sistema di quiete, in guisa che nello agire operano come un tutto uniforme, nel muoversi prendono unica direzione ed unico centro di gravità, nel fermarsi conservano permanentemente le stesse relazioni. Quando però la composizione è eterogenea, allora può avvenire il caso che vi sia una precaria adesione, una quiete esteriore, una fermezza relativa: allora l'equilibrio è *apparente*, ma in verità un disequilibrio intestino vi lavora sordamente ed incessantemente, finchè giunge a manifestarsi con decomposizioni e nuove ricomposizioni molecolari.

Da ciò siegue, che dov' è maggiore eterogeneità di composizione, ivi è maggiore disequilibrio, sebbene può alle volte il disequilibrio interiore esser coperto da un equilibrio esterno ed apparente. Allora vi ha quiete esterna e movimento intestino.

Per contrario può accadere che l'equilibrio vero sia internamente, e al di fuori vi sia disequilibrio: le molecole, che costituiscono un corpo, possono tra loro essere nello stato di equilibrio e di quiete, mentre il corpo intero si trova in disequilibrio, e perciò nello stato di moto, rispetto ad altri corpi. Se alla superficie esterna di un corpo compatto sia impresso da un dato punto, e secondo una data direzione, qualche movimento, allora il corpo intero prende un moto corrispondente; e siccome tutte le parti di cui esso è composto, fan tra loro un sistema di equilibrio, perciò muovonsi tutte

quanto secondo la medesima direzione; anzi tutto il corpo si muove, come se fosse un sol punto quello che si movesse: quel punto è il centro della gravità.

Guardo una palla di avorio, cui è stato impresso un moto: se io considero il movimento in ciascuna delle molecole di cui la palla è composta, son costretto dire che ognuna di esse partecipa all'effetto comune: infatti, se la palla fosse più picciola, più grande, più levigata, meno levigata, più arrotondata, menò arrotondata, il movimento risultante non sarebbe in tutte occasioni lo stesso. Intanto osservo ancora, che ognuna delle molecole di avorio tiensi in perfetto equilibrio di giacitura e di adesione colle sue consimili e convicine molecole; e sotto questo rapporto ciascuna molecola non ha un movimento proprio, anzi ognuna è in quiete. Perciò il movimento e la quiete non sono cose che esistono per sè, ma sono due stati relativi dei corpi, i quali per causa di relazioni diverse possono entrambi coesistere nel medesimo corpo. Può un corpo o una molecola essere in quiete ed in movimento allo stesso tempo: in quiete relativamente ai corpi o alle molecole che lo circondano, ed in movimento una con tutti essi corpi o molecole intorno a qualche altra massa più distante. Così un uomo in quiete, un sasso che non si muove sulla superficie della terra, compie con tutta la terra un moto di rotazione diurna nello spazio di 24 ore, e percorre con essa l'intera orbita nel periodo di 365 giorni, 5 ore e 49 minuti.

§ 21 *Azione perturbatrice — Sua propagazione, e sua trasmissione.*

Può dunque una massa conservare il suo interiore equilibrio, opure molte masse possono conservare tra di loro l'equilibrio relativo, mentre ai loro confini si manifestano effetti poderosissimi di disequilibrio sulle altre masse circostanti. Alcune azioni passano, per così dire, a traverso talune masse ben'equilibrate senza punto turbare il loro interno equilibrio:

Allora si veggono da un capo all'altro la causa e l'effetto corrispondersi, senza che i punti intermedi mostrino veruna orma dell'azione causatrice che li percorre. Generalizzando questo principio, ne risulta che qualunque specie di azione, meno che non sia *perturbatrice*, può da un estremo ad un altro comunicarsi, passando bene pei punti intermedi, senza segnare in essi verun vestigio. Chiamo *perturbatrice* l'azione, allorchè turba lo stato presente di equilibrio che regna fra alcune molecole, o fra alcuni corpi. Or, qualunque moto cagiona spostamento successivo di molecole o di corpi, perciò non vi ha moto che non sia *perturbatore*. La sola differenza si è, che alle volte la perturbazione si effettua immediatamente e si propaga di strato in strato, alle volte la causa perturbatrice agisce in un determinato punto, e per lo mezzo di alcuni punti interposti che non sono affatto perturbati, produce a distanza l'effetto della perturbazione. In tal caso pare che la perturbazione non si *propaghi*, ma si *trasmetta*.

Crederebbesi però naturalmente, che un movimento o una azione perturbatrice si trasmettesse da un estremo all'altro senza turbare i punti intermedi, quante volte il corpo intermedio fosse ben solido e assai compatto, non quando fosse poco solido o pure fluido: poichè, se mi servo di un pezzo di ferro per trasmettere un moto della mia mano ad un altro corpo, egli è vero che le molecole ferree non cangiano lo stato interno della loro rispettiva quiete, ma il ferro è un solido ben forte, e le sue molecole hanno tra loro una strettissima coesione. Potrei però servirmi nella stessa maniera di un pezzo molle o di un fluido per trasmettere il moto della mia mano ad un altro corpo? Lo strumento della trasmissione in tal caso assorbirebbe o ritorrebbe tra le sue molecole la maggior parte del moto impresso, perciò ne trasmetterebbe poco o nulla affatto.

§ 23 Può un perturbamento trasmettersi da un estremo all'altro di una o di più masse, sieno solide sieno fluide, senza turbare il loro rispettivo stato inferiore.

Eppure io sostengo che alcune specie di azioni possono trasmettersi da un estremo all'altro per mezzo i corpi più fluidi, senza punto essere perturbato lo stato interno delle loro molecole. Parrà un paradosso, ma io lo mostrerò vero con prove irrefragabili.

Bandito una volta dalla scienza il pregiudizio della esistenza di uno spazio puro, ne seguita necessariamente, (siccome già vedemmo nel § 4) che tutte le sostanze corporee sono in mutuo contatto. E manterrebbero costantemente i contatti medesimi tra di loro, se la eterogenea composizione delle molecole e degli aggregati non generasse per necessità disequilibrio e movimento (§ 20).

Or, nel doversi dividere un corpo da un altro, o una molecola da un'altra, fa d'uopo che al corpo o alla molecola che si stacca, ne sottentri un'altra, per attaccare relazioni di contatto col corpo o molecola che viene abbandonata. Se così non fosse, resterebbero gli spazii vuoti: i quali ripugnano.

Il movimento succede per la possibilità della sostituzione di una sostanza semplice ad un'altra, di una molecola ad una altra, di un corpo ad un altro corpo. Se tale sostituzione non fosse possibile, il movimento sarebbe impossibile ancora.

I solidi son composti di molecole, che conservano sino a certo punto una coesione fra di loro, procedono unite nei loro movimenti, e non si distaccano. I fluidi al contrario son composti di molecole che si disgiungono facilissimamente, si muovono in direzioni diverse, si rimpiazzano l'una coll'altra. Perciò i fluidi possono tosto essere rimossi, essere divisi, essere rimescolati secondo varie direzioni; quindi non producono quella ferma *tensione*, la quale si ottiene per mezzo i solidi. Ma che perciò? I fluidi non costituiscono anch'essi delle masse

in mutuo contatto? non formano dei risultamenti uniti? non compongono dei sistemi di equilibrio o stabile o mobile? perchè dunque non debbono risentire la generale azione di tutte le masse circostanti? perchè non debbono cospirare anch'essi al sistema generale? perchè non debbono servire a trasmettere da una massa ad un'altra l'azione risultante?

Ma questa materia esige esser posta in maggior chiarezza.

L'attrazione universale è il risultamento del mutuo necessario contatto delle sostanze semplici, delle molecole, degli aggregati fra di loro. Se vi fosse una vera interruzione di contatto tra le masse che compongono questo universo, vi sarebbe ancora una vera interruzione nell'attrazione universale. Da ciò siegue, che i corpi, qualunque siasi la loro natura, o solidi o fluidi, producono in virtù della loro massa una quantità di attrazione, ricevono dalle masse contigue e trasmettono alle medesime tutta la quantità di attrazione che risulta dall'unione di tutte le masse.

Sotto questo riguardo io sostengo, che qualunque sia lo stato interno di un fluido, vi sono certe specie di azioni delle quali esso è trasmettitore, senza che ne senta veruna interna perturbazione. Perciò i fluidi possono servire di mezzo per attirare un corpo ad un altro, per attaccare fortemente l'uno all'altro, per mutare a distanza lo stato dei corpi, anche per discioglierli, per ricomporli in altra forma. Intanto il fluido, che serve di mezzo alla trasmissione di tali azioni, conserva il proprio stato, secondo la sua speciale natura: le sue molecole si muovono, si fermano, si rimescolano giusta le leggi loro proprie, senza punto recare mutazione al risultamento totale delle azioni che per loro mezzo si trasmettono.

La ragione di ciò è semplice. Qualunque sia il movimento interno delle molecole che costituiscono una massa fluida, sempre è vero che alla molecola la quale si sposta, ne sostituisce un'altra per rimpiazzarla in quegli stessi contatti e relazioni che essa abbandona. Perciò nella totalità una massa fluida costituisce una specie di equilibrio mobile, e serve, non

meno che tutte le altre masse, a produrre, ricevere e trasmettere una quantità di attrazione; sicchè l'intero universo, tra solidi e fluidi, forma unica massa ed unico risultamento.

§ 23 *Il Sole attira a sè la Terra mediante le masse interposte di etere e di aria atmosferica.*

Il Sole attira a sè la Terra e gli altri pianeti che gli girano intorno. Quali sono i mezzi con cui esercita questa forza di attrazione? Sono senza dubbio quelle masse eterogenee che riempiono l'immensità dello spazio interposto, ed è altresì quella fascia di aria atmosferica la quale cinge il nostro globo. Tanto l'etere, quanto l'aria atmosferica sono sostanze estremamente fluide: nulladimeno esse fanno tra 'l Sole ed i pianeti quegli stessi ufficii che farebbero le più forti catene, o le funi più tese, per congiungerli reciprocamente. L'aria atmosferica viene continuamente agitata dai corpi, che in essa si muovono, e dal soffio dei venti; perciò le sue molecole non si conservano mai in uno stato di coesione permanente; esse si uniscono e si disuniscono senza intermissione, si trasportano da un punto ad un altro con una rapidità incredibile. Ciò nulla ostante, la forza di attrazione che il Sole esercita sulla Terra, cammina per linea diretta lungo la colonna dell'aria interposta: o per meglio dire, è la stessa colonna di aria che, riunita alla colonna di etere sovrapposto, congiunge Terra e Sole in permanente stato di attrazione. Qualunque sieno i movimenti che si esercitano tra le molecole componenti l'aria atmosferica, sempre è vero, che la massa unita esiste, e forma una colonna, il cui risultamento totale è sempre lo stesso: perciò l'effetto dell'attrazione si compie per lo suo mezzo quando è agitata e rimossa, come si compie quando è in quiete.

§ 24 *Della tensione mobile e della tensione irremovibile — L'aria ed i gas esercitano una tensione mobile tanto maggiore, quanto più son rarefatti.*

Vi hanno quindi due specie di tensioni, una mobile, l'altra irremovibile: la tensione irremovibile si ha per mezzo i solidi, quando son destinati a tirare un corpo verso un altro, perciocchè l'attrazione si esercita allora lungo il solido in linea dritta, e le sue molecole stanno irremovibilmente tense giusta quella direzione: la tensione mobile si ha per mezzo i fluidi destinati ad unire masse con altre masse; perciocchè l'attrazione anche allora si esercita in linea dritta, ma le molecole sono mobili per tutti i versi, in maniera però, che ad una molecola la quale si sposta, ne sottentra immediatamente un'altra per rimpiazzarla, e quindi l'effetto risultante nella totalità è sempre lo stesso. Tale specie di tensione mobile viene esercitata per mezzo dell'aria, per mezzo dei gas, per mezzo di quello stesso etere che riempie il vuoto degli spazii celesti, il vuoto barometrico, ed il vuoto delle macchine pneumatiche.

Si pensa dai Fisici l'unica ragione, per la quale i due emisferi di Magdeburgo aderiscono fortemente tra loro, esser quella che il peso dell'aria esteriore preme un'emisfero contro l'altro, e costringe entrambi a stare riuniti. Pure non è quella l'unica ragione. Qualunque corpo si muove sulla superficie di questa terra, porta per ordinario sopra di sè un peso equivalente a 32 palmi incirca di una colonna di acqua, o ad una colonna di 28 pollici di mercurio: con tutto ciò, un peso sì enorme non impedisce loro il muoversi per tutti i lati; anzi i corpi viventi, nell'atto che si muovono, non lo avvertono affatto. Gli stessi emisferi di Magdeburgo, prima che in essi venga sottratta l'aria, portano sopra di loro il medesimo peso di aria atmosferica equivalente a 32 palmi di acqua, eppure possono essere rimossi uno dall'altro con facilità. Forse

l'aria interna che in essi si sottrae, fa crescer di peso la colonna dell'aria esteriore? Chi potrebbe ciò sostenere?

Affinchè un corpo possa rimuoversi da un posto, è mestieri che a quello se ne sostituisca un altro, il quale possa approssimativamente rimpiazzarlo senza turbare assai l'equilibrio generale. Perciò è tanto più difficile spostare un corpo, quanto è più difficile dargli un altro succedaneo eguale, o presso a poco. I corpi più pesanti si spostano facilmente, quando sono urtati da altri corpi ugualmente pesanti, che vanno a rimpiazzarli; al contrario, si spostano con difficoltà, quando nel loro luogo si vuol sostituire un corpo men pesante, come l'aria o altro simile. Il fenomeno succede all'inverso, quando la massa che si vuole spostare, è men pesante di quella che deve succederle, come negli emisferi di Magdeburgo: allora la sostanza sottilissima, ossia l'aria rarefatta che occupa il vuoto degli emisferi, non può eguagliare un peso equivalente di aria comune, il quale dovrebbe rimpiazzarla. Quell'aria rarefatta produce gli stessi effetti di un corpo pesantissimo, esercitando una forza di attrazione massima contro le pareti interne dei due emisferi che la racchiudono, e perciò li unisce in modo, che la più forte tensione meccanica può appena disgiungerli.

Una prova della forza massima di attrazione che esercita l'aria rarefatta contro le pareti interne degli emisferi, si ha nell'osservare lo sfogliamento metallico che succede nelle stesse pareti, quando i due emisferi son lasciati per lungo tempo nello stato di vuoto. Certamente un tale sfogliamento non si può attribuire all'azione dell'aria esteriore, ma devesi unicamente ascrivere alla forza di tensione, che l'aria interna vi esercita per essere divenuta più rara. *Laonde: quanto più cresce la rarefazione di un fluido, tanto più avanza la sua tensione.*

Però, non ostante che nel vuoto degli emisferi l'aria rarefatta eserciti una gran forza di tensione contro le pareti che la racchiudono, i corpi solidi, i liquidi, i vapori, i gas vi si

muovono dentro con piena libertà. Della stessa maniera sotto la gran fascia atmosferica che preme da tutte parti la terra, i corpi si muovono e si dirigono secondo gl'impulsi ricevuti, senza che perciò venga meno quella forza di tensione, con cui il Sole, mediante l'etero e l'aria atmosferica, attira a sè il globo terrestre.

Voglio con tutti questi esempi chiarire, che il risultamento totale di pressione, di tensione, di attrazione, o altro simile, può trasmettersi inalterato per mezzo una gran massa fluida, mentrè per entro ad essa muovoosi liberamente molti altri corpi. Forse l'aria atmosferica pesa di meno sulla crosta del nostro globo, per la ragione che infiniti corpi si muovono incessantemente in mezzo ad essa? Forse l'aria rarefatta che occupa il vuoto degli emisferi di Magdeburgo, o della campana pneumática, opera con minori gradi d'intensità contro le pareti che la racchiudono, per la ragione che i gas, i vapori, i liquidi, o anche i solidi si volgono in varie guise per entro ad essa?

§ 25 *L'aria ed i gas hanno la forza di tirare i corpi.*

Da tutto ciò parrebbe potersi dedurre, che i liquidi e i gas, non meno che i solidi, dovrebbero servire come stromenti per tirare un corpo ad un altro: ma questo vien contraddetto dalla esperienza, perocchè sulla superficie del globo che abitiamo, non possiamo tirare a noi nessun corpo, se non ci serviamo di mezzi solidi e resistenti, come i metalli, le legna, il canape o altro simile. Chi saprebbe mai tirare un corpo per mezzo una colonna di aria, o per mezzo una colonna di acqua?

Eppure non è così: sottraendo l'aria dalla parte superiore di una campana di cristallo, veggonsi i piccoli corpicciuoli salire con la corrente dell'aria stessa che si sottrae. I Fisici spiegano tal fenomeno dicendo, che i corpicciuoli si sollevano, perchè manca loro la compressione atmosferica. Ma che dicono allora? la forza centripeta della terra non dovrebbe ri-

chiamarli in giù, ancorchè fossero scevri da qualunque pressione superiore? Inoltre, quando l'aria si sottrae dalla base della campana, i corpicciuoli prendono tutti la direzione verso quel punto del disco onde vien succhiata l'aria; e siccome per ordinario un tal punto suol corrispondere nel mezzo della base, perciò la forza del succhiamento tira immediatamente la colonna di aria che sta perpendicolare al buco, la quale vien tosto rimpiazzata dall'aria che sta ai fianchi, e questa viene anch'essa succhiata e rimpiazzata di nuovo. Laonde i corpicciuoli che stanno vicini al buco, senza innalzarsi, si precipitano rapidamente in esso; quelli però che stanno alla periferia del disco, da principio prendono un moto verso l'alto, andando secondo la direzione della corrente d'aria che va a rimpiazzare la colonna di aria succhiata; quando poi entrano in quella colonna, veggonsi rapidamente discendere e precipitarsi nel buco. Ciò prova che l'aria, benchè fluido elastico, ha la forza di sollevare e di attirare con sè i corpi leggieri. Essa però ha benanche la forza di tirare i corpi più pesanti: perlocchè osserviamo quei venti impetuosi e quelle terribili trombe, che sbarbicano alberi secolari, sollevano enormi masse e sconvolgono i meglio assestati edifizii.

§ 26 *Diversità dei solidi e dei fluidi nel trasmettere da massa a massa le azioni ricevute.*

Havvi certamente una ragione, per la quale noi non ci possiamo servire della massa aerea, nè di verun'altra massa fluida, come stromenti per tirare alcun corpo: havvi del pari una ragione per la quale dobbiamo a tale uffizio valerci soltanto dei corpi solidi. La ragione è sita nella forza di attrazione che esercita il globo torraqueo sui corpi che noi vogliamo tirare. La Terra, come corpo maggiore di tutti quelli che si trovano sulla sua superficie, li richiama tutti costantemente verso il suo centro. Perciò il corpo, che deve servire di stromento per tirarne un altro giacente sulla superficie terrestre,

deve prima di tutto esser attratto da una forza che vinca la forza di gravità, tanto dello stesso stromento, quanto del corpo tirato. In secondo luogo, la coesione delle molecole, tanto dello stromento tirante, quanto del corpo tirato, deve esser tale, che quando la prima molecola vien tirata da una forza che supera la forza di attrazione della Terra, la seconda molecola non si deve da essa dividere e deve perciò esser tirata dalla stessa forza, e la terza molecola per la medesima ragione deve pure esser tirata dalla stessa forza, e così mano mano tutte le altre. Questa condizione si ritrova compiutamente nei solidi, come p. e. in una spranga di ferro, poichè le molecole del ferro sono strettamente coerenti fra di loro; e perciò la forza attraente o movente che agisce sovra un capo della spranga, opera con eguale energia sull'altro estremo, e produce gli effetti voluti. Ma lo stesso non si può ottenere nei liquidi, e molto meno nei fluidi elastici. Queste sostanze son composte di molecole le quali si spostano facilmente, e si rimpiazzano mutuamente colla stessa facilità con cui si spostano. Perciò, se una di tali molecole verrà tirata da una forza che supera la forza centripeta della Terra, essa sola ne risente l'effetto, perchè non è seguita da nessuna delle sue compagne, non avendo coesione con veruna. Essa dunque viene abbandonata, e l'effetto dell'attrazione non si trasmette.

Questa dottrina sembrerebbe venire in contraddizione con quella stabilita nel § 24; imperocchè ivi si diceva che *quanto più cresce la rarefazione di un corpo, tanto più avanza la sua forza di tensione*: e la tensione opera nello stesso senso di una forza d'attrazione.—Ma la contraddizione è apparente, non reale. È vero, anzi verissimo, che le masse fluide servono di mezzi a riunire altre masse in istato di permanente attrazione, ma in tal caso l'effetto vien prodotto dalla intera massa fluida, qualunque sieno i movimenti interni delle molecole che la compongono; e ciò per causa dello equilibrio mobile che ha luogo nella stessa massa fluida, la quale for-

ma unico sistema ed agisce come un sol tutto. Ciascuna però delle particelle che costituiscono il fluido, non può esercitare quella totalità di azione risultante che produce l'intera massa, appunto perchè ognuna di esse particelle non ha coesione colle sue compagne e può facilmente esserne divisa.

Dopo tali considerazioni è agevole mettere in rilievo le differenze che passano tra i *solidi* e i *fluidi* nel trasmettere ad altri corpi le azioni su di loro ricevute. La differenza tra i solidi e i fluidi vien principalmente costituita dalla forte coesione che han tra loro le molecole dei primi, e dalla debolissima coesione che hanno le molecole dei secondi. Ciò posto ne siegne, che un'azione impressa sopra alcune sole molecole di un solido vien sentita da tutto il solido, e da tutto il solido vien trasmessa, perchè ogni molecola in virtù della forte coesione che ha con tutte le altre, agisce e trasmette come l'intero solido. Ne' fluidi vi ha diversità: se l'azione esteriore colpisce solamente alcune molecole, allora la massa fluida non ne risente che poco o nulla, attesochè non vi ha coesione molecolare: ma se l'azione esteriore colpisce la intera massa, allora l'effetto vien trasmesso, perchè tutta la massa, sebbene fluida, forma unico sistema. In questo ultimo caso il fluido serve di mezzo per esercitare le più enormi attrazioni, e per trasmettere da un capo all'altro qualunque altra specie di azione.

Se un solido si trova sulla superficie della Terra, esso non può venir sospeso in alto per mezzo di una colonna di aria ordinaria, perchè la forza di gravità con cui la Terra, come corpo maggiore, tira a sè quel solido, è maggiore assai della forza di coesione che hanno tra loro le molecole dell'aria. In conseguenza, tirando in alto il capo di una colonna di aria, le altre molecole sottostanti cangiano posto, e non seguono la direzione della forza che le richiama in alto. All'opposto, una spranga di ferro è composta di molecole totalmente coerenti tra loro, che vincon di assai la forza con cui la Terra tira a sè molti corpi giacenti sulla sua superficie: perciò tirando in alto il capo di una spranga di ferro, si solleva l'intera spranga, e con essa si sollevano enormi pesi.

§ 27 *Ragione della diversa coesione tra le molecole.*

La ragione della maggiore o minor forza di coesione tra le molecole sta nella varia densità degli aggregati: quelli che sono poco densi di molecole, come particolarmente i gas, presentano pochissima coesione: quelli però che sono assai densi, come i metalli duri, presentano coesione somma. Supponiamo che una molecola abbia relazione di contatto con cento molecole, supponiamone un'altra che abbia relazione di contatto con un milione: è chiaro, che nella prima aggregazione la densità sarà minore di quella che è nella seconda, ed è chiaro altresì che la seconda molecola sarà trattenuta da una forza tanto maggiore della forza che trattiene la prima, quanto un milione è maggiore del numero cento. Come son varii i gradi della densità delle molecole che compongono gli aggregati, così sono varii i gradi della coesione, e varii altresì i gradi della solidità e della fluidità dei corpi. I liquidi p. e. hanno una certa specie di coesione, maggiore di quella che hanno i gas, ma minore assai dei solidi. Stabilisco perciò, che la coesione delle molecole tra loro è proporzionale alla densità degli aggregati.

§ 28 *Trasmissione di azioni per ragion di massa, trasmissione per ragion di coesione — Peso e gravità assoluta, peso e gravità relativa.*

La trasmissione delle azioni comunicate si effettua per due ragioni: 1° per ragion di massa, 2° per ragion di coesione. Tutto l'universo formando sistema di azione ed unità di massa, a causa di non ci essere spazio vuoto, qualunque sieno le masse riunite, o estremamente fluide o estremamente solide, o mobili o stabili, il risultamento dell'azione universale si trasmette da un'estremo all'altro fino alle più remote distanze dello spazio mondiale. Siccome però la densità delle molecole

è diversa in gradi, siccome è diversa ancora la densità degli aggregati, e con essa la *coesione*, perciò le azioni particolari, che non attaccano le intere masse, si trasmettono a seconda la *coesione* e la natura speciale dei mezzi. Così l'azione attrattiva della Terra opera tanto sopra una palla di ferro, quanto sopra un'eguale volume di aria: il globo terrestre non esercita due specie di attrazioni differenti sull'uno e sull'altro corpo. Intanto il risultamento dell'attrazione non è eguale in ambidue: il volume di aria sente la forza della Terra che lo attira, ma mancando la coesione tra le sue molecole, può essere trasportato, può essere disperso con la massima facilità: la palla di ferro sente la forza medesima della Terra che a sè l'attira, ma essendo fortissima la coesione tra le sue molecole, non può essere trasportata, non può essere dispersa con eguale facilità; tutte le particelle ferree tendono al centro del globo terrestre con una gravità proporzionale alla forza del globo che le attira, ed alla massa del ferro, perchè ognuna di quelle molecole sente l'attrazione, come se fosse la intera palla, in virtù della mutua coesione. Questa è la ragione per la quale i corpi sono diversamente *pesanti*. Il *peso* non è una cosa diversa dalla *gravità*, e la *gravità* non è una cosa diversa dall'*attrazione universale*: pertanto queste tre cose appariscono diverse, perchè diversi sono i mezzi pei quali si trasmette l'attrazione universale; essa in verità non è nè può essere che una in tutto l'universo, perchè l'attrazione è il *risultamento di tutte le azioni semplici sostanziali riunite, che per continuità di contatto fanno unico sistema*. Ma, siccome le masse sono diverse in densità, e diversi perciò i mezzi che trasmettono l'attrazione universale, diversi pure debbono riuscire gli effetti: infatti diversi sono i pesi o la gravità dei corpi. Giustamente perciò distinguiamo *peso assoluto* e *peso relativo*, *gravità assoluta* e *gravità relativa*.

Bisogna pure avvertire, che quello che noi chiamiamo *peso assoluto* o *gravità assoluta*, non è veramente assoluto, ma è l'assoluto di tutti i relativi che noi conosciamo. Molte cose

che denominiamo assolute, sono in verità relative, ma siccome noi non sappiamo o non possiamo discernere il rapporto ch'esse hanno con altre cose distanti o recondite, perciò ci pajono assolute. Così, noi crediamo un peso assoluto appartenere ai corpi i quali sono sulla superficie terrestre, eppure il loro peso è il risultamento dell'attrazione della Terra come corpo maggiore, modificato da essi corpi secondo la loro speciale densità e secondo la loro distanza dal centro del globo. Ma, se quelli stessi corpi fossero trasportati su di altro globo avente altra densità, ed altra attrazione solare, il peso risultante sarebbe diverso.

§ 29 *Perchè i corpi sono diversamente gravi?*

L'attrazione terrestre su i corpi che stanno alla sua superficie è una per tutti: essa però vien modificata dalla speciale natura dei corpi stessi che la ricevono. E con ciò si torna a confermare la dottrina esposta nel § 13, che *il risultamento dell'attrazione è proporzionale alle masse ed alla natura dei mezzi, pei quali vien trasmessa*. Con ciò intendo significare due cose: una permanente e identica, l'altra variabile e differente. La quantità di azione, che una massa esercita sopra tutte le altre, è sempre proporzionale a sè stessa, perciò permanente ed identica. Essa però può venir modificata dai mezzi che la trasmettono, e perciò i risultamenti sono varii e diversi.

Spesso i Fisici considerano la varietà di alcuni effetti, e siccome insieme osservano la varietà delle cause producenti, attribuiscono ciascuno effetto a ciascuna delle varie cause, senza badare che, oltre a quelle cause, ve ne sono altre sempre identiche e non varianti, le quali influiscono pure nella produzione di tali effetti: cioè influiscono, non mai nelle parti dove gli effetti si diversificano, ma nelle parti dove si assomigliano. E per esprimer questo stesso meno speculativamente, io dico, che nell'indagare la ragione della gravità, la quale è

diversa secondo la diversa densità dei corpi, bisogna aver l'occhio non solamente a questa causa di diversità, ma benanche all'azione identica di attrazione, che esercitano sui corpi pesanti tutta la massa terrestre ed il sistema generale di tutti i globi mondiali; perocchè la gravità è il risultamento di questa causa identica e di quella diversa.

Laonde lo pongo come indubitabile, che l'azione risultante da una massa è identica a se stessa, per quanto si estenda alle masse più lontane e diverse; ma da ognuna di quelle non è sempre sentita, nè sempre trasmessa allo stesso modo: perciò gli effetti non seguono la ragione dell'identità, ma seguono la ragione della diversità.

§ 30 *Distinzione tra l'effetto totale d'influenza, e l'effetto della speciale densità.*

Chiamerò *effetto totale d'influenza* quello che nasce da una intera massa operante sopra le altre per ragione di continuità di contatto: chiamerò *effetto della speciale densità* quel particolare cangiamento che dà la diversa forza coesiva dei corpi, secondo la loro densità, all'effetto totale d'influenza.

Laonde, come i rapporti esterni di una massa possono o mutarsi, o restar fermi, qualunque sieno gl'intestini suoi cangiamenti, così l'effetto totale della sua influenza sulle altre masse può variare, o rimanere lo stesso. Parimenti, le masse che servono di mezzi per trasmettere gli effetti totali d'influenza di altre masse, potendo avere i loro rapporti esterni o fermi o variabili, trasmettono la influenza o identica qual'è, o modificata secondo la loro speciale natura. Perciò, quando una massa influisce su di altra massa lontana per lo mezzo di altre masse interposte, possono avvenire tutti i seguenti casi: può la massa influente non subire verun cangiamento, ed il mezzo può trasmettere la influenza tutta quant'è, senza recarvi nessuna modificazione: può la massa influente restare identica, ma il mezzo può subire dei cangiamenti, e perciò la influenza,

quantunque sempre identica in causa, pure vien trasmessa in maniere cangianti: può la massa *influenta* aver dei mutamenti, ed il mezzo all' incontro perdurare nel suo stesso stato; in quest' ultimo caso i cangiamenti d' *influenza* succedono da un'estremo all' altro, senza che il mezzo della trasmissione presenti verun' indizio di tutte quelle mutazioni. — Bisogna sopra tutto por mente a quest' ultimo caso, perchè è il più singolare ed il più interessante.

Se io mi sono un poco più intrattenuto su queste ultime materie, la ragione devesi ascrivere alla loro maggiore astruità, ed alla importanza che in appresso vi si troverà per cogliere la vera teoria di molti fenomeni fisici. Però, posso tutto ridurre a pochi principii, i quali sono chiari ed inattaccabili.

Tutte le masse sono in reciproco contatto, e s' influiscono mutuamente a qualunque distanza.

L' effetto totale dell' influenza è sempre proporzionale alla massa che lo produce.

Esso però si trasmette o identico, o modificato, secondo la natura dei mezzi trasmissenti, cioè secondo la loro densità e coesione.

§ 31. *La sostanza, che occupa il vuoto degli spazii celesti ed il vuoto artificiale, è pure ponderabile. — Ragioni per le quali tal peso non si è conosciuto finora.*

Essendosi stabilito, che tutte le sostanze elementari sono in mutuo necessario contatto, ne segue che tutte le masse sono in reciproca attrazione; e siccome l' attrazione reciproca costituisce la *ponderabilità*, perciò non vi dev' essere massa che non sia *ponderabile*. Secondo tali principii, i *Fluidi Imponderabili* verrebbero eliminati con argomento a priori. Ma si oppone una difficoltà validissima: conciosiachè i Fisici credono comunemente che l' etere, di cui è ripiena l' immensità degli spazii celesti, non abbia verun peso proprio. E prescindendo

di tal credenza, è certo che la sostanza, di cui è ripieno il vuoto torricelliano, non manifesta nessun peso sensibile sotto a qualunque prova si faccia. Allorchè si pesa un tubo, dove è stato fatto il vuoto di Torricelli, null'altro si ottiene che il peso della materia del tubo, ed il peso del mercurio: perciò il vuoto, che vi resta, non produce peso alcuno. Or, nessuno dice, che il vuoto di Torricelli sia uno spazio assolutamente vacuo, e sgombro di qualunque sostanza; perciò la sostanza che lo riempie, essendo priva di peso, prova la esistenza di un *fluido imponderabile*.

Ma questo raziocinio non è sufficiente per determinare con sicurezza, se la sostanza di cui è ripieno il vuoto torricelliano sia ponderabile o nò. Imperciocchè, i pesi dei quali possiamo darci conto, son tutti *relativi*: i corpi che noi pesiamo, sono immersi dentro l'aria atmosferica, e perciò, secondo il principio di Archimede, null'altro rileviamo fuorchè l'eccesso di gravità, che ha il volume del corpo pesato sopra un' eguale volume di aria. Anche l'aria può esser posata paragonando un tubo ripieno con un altro eguale tubo, dal quale l'aria è sottratta. Ma, quando si eseguono tali paragoni, tanto il tubo ripieno, quanto il vuoto, sono immersi dentro la massa aerea, e perciò null'altro si può rilevare fuorchè l'eccesso di gravità che presenta il tubo pieno sul tubo vuoto. In somma, si rileva solamente il peso relativo.

Or può accadere, che il peso o la gravità di un corpo non sia per nessun modo paragonabile al peso di qualunque altro corpo. Allora ci parrà aver trovato una sostanza imponderabile. Ma essa in verità è imponderabile *relativamente*, non imponderabile *in assoluto*.

Questa materia, essendo pure importante, merita una più ampia estensione.

Se è vero, che la sostanza, la quale occupa il vuoto torricelliano, è effettivamente ponderabile, perchè non è stato possibile con nessuno stromento determinarne il peso? L'idrogeno è composto di molecole assai rarefatte, e pesa molto

meno dell'aria : con tutto ciò, si è arrivato a determinare la quantità del suo peso, osservando l'eccesso che presenta un volume di aria sul peso di un'eguale volume d'idrogeno. Perchè non si può fare altrettanto colla sostanza di cui è ripieno il vuoto torricelliano ?

Rispondo. Non si è potuto finora, ma si potrà. Non si è potuto, perchè si è ricercato il peso di piccoli vuoti torricelliani, nè si è pensato mai di fare un gran vuoto, all'oggetto di ricercare il peso della sostanza sottile che lo riempie. Se ciò si praticherà, si determinerà benanche tal peso.

§ 32 *Minimo sensibile dell'eccesso di peso e massimo sensibile*
— Sua ragione — Prova con l'acqua e l'aria per mezzo delle bilance.

Allorchè si vuol determinare l'eccesso di peso che ha un corpo sopra un'altro, bisognano due cose : 1° che il corpo più pesante ecceda l'altro di tanto peso, che possa esser sensibile all'asta della bilancia, cioè che possa vincere la coesione di quelle molecole che la tengono in bilico, per farla inclinare dal proprio lato: perciò vi ha un *minimo sensibile di eccesso di peso*: dico *minimo*, perchè sotto di quello non vi ha più peso sensibile; 2° che il corpo men pesante possa esser equivalente in peso a qualche porzione anche minima del corpo più pesante, con cui vien paragonato; imperciocchè, se ciò non fosse, si avrebbe una disproporzione totale dell'uno sull'altro, e non si potrebbe determinare la quantità dello eccesso. Perciò, come vi ha nel peso un *minimo di eccesso*, così vi ha un *massimo di eccesso sensibile*, oltre cui non si può ottenere altro grado sensibile di peso.

Delle due anzidette cose la prima è chiara per sè, e la quotidiana esperienza ne fa conferma. La seconda però ha bisogno di essere rischiarata con esempi.

Siamo istruiti dalla osservazione, che una colonna di 32 palmi d'acqua è bastante ad equilibrare il peso di una intera co-

lonna di aria. Perciò, ridotti alle più piccole gocce i 32 palmi d'acqua, controbilanciano goccia per goccia tanti proporzionali volumi della intera colonna aerea: in guisa che la più piccola goccia basta per tenere corrispondentemente in equilibrio un buon volume di aria. Or la goccia di acqua ridotta al suo minimo non può di più rimpicciolirsi; ma il volume corrispondente di aria, essendo molto maggiore, è tuttavia capace di divisione e di rimpicciolimento. Fingiamo dunque, che si voglia pesare un volume di aria sì piccolo, che tutto quant'è pesi meno della più piccola goccia d'acqua: deve per necessità seguire che l'acqua non si presti a tale pesamento, perchè una goccia minima è sempre di peso maggior dell'intero volume di aria; quindi l'eccesso arriva al *massimo sensibile*, e non può far rilevare i suoi gradi precisi.

Se si vuole di ciò una prova sperimentale, si operi nel seguente modo. Costruiscansi tre bilance ben sensibili e completamente equilibrate. Nella prima, sull'estremità di uno delle due braccia si appenda un piccolo tubo capace di ricevere poche gocce di acqua: sull'estremità dell'altro braccio si appenda altro tubo, poco più grandetto, ripieno di aria, e chiuso in modo che il fluido atmosferico non possa giammai scappare. Nella seconda, sull'estremità di uno delle due braccia si appenda pure altro tubo capace di ricevere un sufficiente volume di acqua, e nell'altra estremità si appenda ancora un altro tubo ripieno di aria, eguale in tutto al precedente e chiuso nello stesso modo. Nella terza finalmente si appendano alle due estremità altri due tubi, uno molto grande, ripieno di aria atmosferica e chiuso completamente per non farla sfuggire; l'altro molto piccolo, lasciato aperto per potervi entrare poche gocce di acqua: però ambidue i tubi si debbono rendere eguali nel peso, mentre son pieni di aria. — In questo stato s'immergano le tre bilance dentro una massa aquea la più quieta ed immobile. I tre tubi aperti si riempiranno di acqua, gli altri tre tubi resteranno pieni di aria racchiusa. Aspettato il tempo necessario, affinchè si fermino

in una posizione definitiva le braccia delle tre bilancie, si vedrà quanto siegue :

Nella prima bilancia il braccio, cui è attaccato il tubo con poche gocce di acqua, calerà giù sino al non plus ultra, e l'altro, cui è attaccato il piccolo tubo di aria, si leverà su corrispondenza fino al non plus ultra.

Nella seconda bilancia avverrà lo stesso senza veruna differenza : il braccio, cui è attaccato il tubo che contiene acqua assai più dell'antecedente, calerà giù sino al non plus ultra, e l'altro braccio, cui è attaccato il piccolo tubo di aria eguale all'antecedente, si leverà su fino al non plus ultra.

Nella terza bilancia le cose si presenteranno diversamente : riempito che sarà delle poche gocce di acqua il piccolo tubo, l'equilibrio già esistente fra i due tubi sarà turbato ; ma il braccio, cui è attaccato il tubo grande ripieno di aria, non salirà in alto fino al non plus ultra ; come pure l'altro braccio, cui è attaccato il piccolo tubo con le poche gocce di acqua, s'inolinerà alquanto, ma non discenderà giù sino al non plus ultra.

Nella prima e nella seconda bilancia lo stato delle due braccia si presenta lo stesso, sebbene nella prima un tubo contenga poche gocce di acqua, e nella seconda ne contenga molta. La ragione di ciò si è, che i tubi contenenti l'aria essendo egualmente piccoli, tanto nell'una quanto nell'altra, contengono un peso inferiore al peso della più piccola goccia di acqua : perciò in ambedue i casi, o che l'acqua sia nella quantità di poche gocce, o che sia in una maggior quantità, vi ha sempre il *massimo dell'eccesso di peso* dell'acqua sul volume di aria ; e arrivato l'eccesso al *massimo* tutto in una volta, non è possibile più notarne i gradi. — Ma nella terza bilancia non è così. Il tubo dell'aria appeso ad un braccio, essendo ben grande, può equivalere in peso ad una certa quantità delle gocce di acqua, che si ritrovano nel tubo appeso all'altro braccio, e se non può mantenere con esso il completo equilibrio, può nulladimeno corrispondergli sino a

un determinato segno; e perciò nella bilancia la inclinazione da un lato sarà poca, la elevazione dall'altro sarà poca ancora.

Se si applica questo stesso criterio al pesamento della sostanza che occupa il vuoto torricelliano, rispetto all'aria atmosferica, si può con giustezza dire, che la minima porzione di aria è più pesante del volume intero di sostanza, che occupa uno dei soliti vuoti torricelliani. Tali vuoti che noi sogliamo artificialmente produrre, sono sempre piccoli: perciò il peso della materia sottilissima, che in uno di essi esiste, non è sensibile in confronto alla più piccola porzioncella di aria; della stessa maniera come il peso di un piccolo volume di aria non è sensibile in confronto alla più piccola gocciolina di acqua.

§ 33 *Come si può conoscere il peso della sostanza, che esiste nel vuoto torricelliano?*

Per conoscere se veramente ne' vuoti torricelliani esista una materia ponderabile, bisogna produrre un vuoto sufficientemente grande; e quando non è facile produrre un vuoto sì grande senza farvi entrare dell'aria, bisognerà unire insieme molti vuoti torricelliani, congiungendo tanti tubi di barometro. Fatta la deduzione dei pesi appartenenti ai tubi ed al mercurio, e paragonato il volume risultante da tutti i vuoti barometrici, con un'eguale volume di aria (ovvero d'idrogeno, per essere men pesante) sarà facile determinare la quantità dell'eccesso di peso, che hanno queste sostanze sopra la sostanza che riempie il vuoto di Torricelli. Si deve però ripetere tante volte l'esperimento, e tanti tubi barometrici si devono aggiungere, quanto basterà per istabilire il primo punto di equilibrio tra la più piccola particella o di aria o di altro gas, colla massa occupante il vuoto torricelliano. Al di sopra di tal punto, la differenza di peso tra l'una e l'altra materia si mostrerà sensibilmente: al di sotto di esso, l'eccesso di peso dell'aria o di altro gas essendo massimo, non dà luogo a rilevare le differenze.

Non ho parlato delle altre specie di vuoti artificiali, perchè colle macchine pneumatiche non si arriva mai a sottrarre tutta l'aria da una campana; e perciò la differenza dei pesi, trattandosi di confrontare aria con aria, rimane pur sempre sensibile,

§ 34 *Perchè i corpi cadano con eguale velocità nel vuoto.*

Ma si dirà: nel vuoto artificiale i corpi, più differenti tra loro in densità, cadono tutti nello stesso tempo e con velocità eguale; dunque in quel vuoto non esistono sostanze ponderabili; perchè se esistessero, dovrebbero porre ostacolo alla caduta di quei corpi.

Questa obbiezione prova più del bisognevole; in oltre essa non ha vigore — La caduta dei corpi dentro il vuoto si suole osservare nei tubi e nelle campane attaccate a macchine pneumatiche, avvegnachè nel vuoto barometrico non si può osservare. Or dissi sopra (§ 33), e da tutti è convenuto, che nessuna macchina pneumatica, per quanto sia poderosa o perfetta, non può mai estrarre tutta l'aria di un tubo o di una campana. Dunque, se nelle campane pneumatiche veggonsi cadere le piume, la carta, i pezzetti di legno, i pezzetti di piombo, tutti con eguale velocità, bisogna concludere che quella porzione di aria rarefatta, la quale rimane dentro la campana, non ha la forza d'impedire, nè di opporre il menomo ostacolo alla caduta dei sudetti corpi. Però, nessuno nega, che l'aria più rarefatta non sia una materia ponderabile. In conseguenza, per mezzo di tale esperimento si verrebbe a provare non esser vero, che ogni specie di materia ponderabile deve opporre ostacolo alla caduta dei gravi. E perciò nel vuoto torricelliano potrebbe esistere una materia ponderabile, la quale non osta alla caduta dei gravi, come non osta l'aria estremamente rarefatta nelle campane pneumatiche.

E veramento, la materia ponderabile, quando è ridotta al-

estrema sottigliezza per la sua altissima rarefazione, non deve nè può impedire la caduta dei gravi, coi quali si fa lo sperimento. Per provare ciò, ripiglio la teoria poco innanzi sviluppata (§ 32). Quando la parte minima del grave, che cade, supera col suo peso la intera massa della materia ponderabile rarefatta entro cui segue la caduta, allora tra questa massa e quel grave non esiste più verun rapporto di proporzione, che possa far marcare sensibilmente la differenza di peso tra l'una e l'altra. In tal caso il grave cade, come se non trovasse impedimento veruno. Conciosiachè l'ostacolo, che un corpo oppone alla caduta di un altro corpo, dipende totalmente dalla forza di attrazione, ossia di peso, con cui esso è tirato verso la terra: i corpi, quanto meno son pesanti, tanto minore ostacolo oppongono alla caduta di altri corpi. Perciò, nel caso che la più piccola particella del corpo cadente supera in peso la intera massa rarefatta della campana pneumatica, quest'ultima non può presentare verun ostacolo al corpo cadente.

§ 35 *Perchè nel vuoto i corpi cadono con velocità incalcolabile?*

Riflettasi intanto per incidenza, che se fosse letteralmente vera la formula data da Newton: *Il corpo maggiore attira a sè il minore con una velocità in ragione diretta delle masse, ed inversa dei quadrati delle distanze*, allora i vari pezzetti, che si fan cadere dentro la campana pneumatica, dovrebbero non sentire egualmente la forza di attrazione del centro della terra: perciò nello stesso vuoto i pezzetti più densi, per la ragione diretta della loro massa, dovrebbero muoversi con maggiore velocità di quelli che sono meno densi; e muovendosi con velocità maggiore, le loro distanze si accorcerebbero più presto, quindi la inversa del quadrato della distanza opererebbe pure con forza disuguale; ed in ultimo effetto, nello stesso vuoto i pezzetti di piombo dovrebbero arrivar giù prima assai delle leggiero piume o della carta.

Se ciò non succede egli è, perchè oltre le *ragione delle masse*, influisce pure la *ragione dei mezzi* secondo la diversa loro natura, a regolare il corso della velocità di attrazione, a ritardarla, ad impedirli del tutto (§ 13). Ma, allorchè il mezzo, tutto quant'è, non è capace d'impedire l'attrazione della più piccola parte della massa attirata, allora esso mezzo non produco verun ostacolo alla pronta riunione dei due corpi che a vicenda si attraggono. — Anzi esso ne accelera la riunione. Poichè, qualunque attrazione si comunica sempre per continuità di contatti (§ 11), si comunica perciò per quel mezzo, e si comunica con tanta maggiore intensità, quanta è maggiore la rarefazione e sottigliezza del mezzo medesimo (§ 24). Per questa causa i corpicciuoli anzidetti sono attratti giù con una rapidità incalcolabile, a segno che non basta il tempo per rilevare le differenze della loro caduta. Ecco perchè sembra, che tutti cadano con velocità eguale.

§ 36 *Donde viene la sostanza che occupa il vuoto torricelliano?*

Or, se il vuoto è occupato da una sostanza ponderabile estremamente sottile e rarefatta, è naturale il domandare: nel vuoto torricelliano quale specie di sostanza si ritrova? donde essa viene, o da chi è prodotta? Nel vuoto delle macchine pneumatiche resta senza dubbio una porzione di aria atmosferica estremamente sottilizzata; ma nel tubo del barometro colla introduzione del mercurio tutta l'aria si espelle, perciò capovolgendo il tubo, nello spazio che resta vuoto non può entrare veruna porzione di aria.

La scienza non è veramente in istato che possa adeguatamente rispondere alla sopradetta domanda. Intanto è certo che tutti i corpi sono porosi, ed i pori sono riempiti di una sostanza assai sottile, imperciocchè uno spazio assolutamente vacuo tra molecola e molecola non può esistere. Per questa ragione, sottoponendo l'acqua all'azione della macchina pneumatica, veggonsi salire delle piccole bollicine, le quali compu-

nemente si credono essere un'aria che annidava negl'interstizii molecolari dell'acqua. Il mercurio, non meno che tutti gli altri metalli, è poroso anch'esso: perciò è chiaro, che fattosi il vuoto barometrico sulla colonna del mercurio, deve avvenire con maggior ragione quello che avviene all'acqua sotto l'azione della macchina pneumatica; cioè, le sottili sostanze, che albergano negl'interstizii molecolari del mercurio, devono essere richiamate in sù, per andare ad occupare il vuoto che ivi si forma. Da ciò dovrebbe pure seguire, che il mercurio della colonna barometrica si condensasse per la diminuzione de' suoi pori.

Ma, se la colonna del mercurio si trovasse dalla parte di giù in comunicazione coll'aria atmosferica, come accade nei barometri a pozzetto, allora si potrebbe immaginare senza vera difficoltà, che una sostanza sottile ponderabile (la quale pure, se si vuole, si può denominare *etere*) permeando tutti i pori del mercurio, salisse sino alla sommità della colonna per espandersi liberamente nel vuoto. Tale sostanza sottile si deve trovare non solamente nel mercurio per li pori che esso ha, ma benanche nella stessa aria, ch'è in contatto col mercurio, conciosiachè l'aria ha tanti interstizii tra le sue molecole, che ha fatto dire ai Fisici, *il vuoto essere in essa centomila volte maggiore del pieno*.

Conchiudo quindi, che *qualunque siasi vuoto è ripieno sempre di sostanza ponderabile*. E quando il peso non si può determinare per mezzo di piccole quantità, bisogna istituire il confronto con quantità maggiori.

§ 37 *Effetti di disequilibrio, che si producono sulla superficie degli aggregati e molecole di diversa specie, quando sono in mutuo contatto.*

Debbo finalmente aggiungere altre poche riflessioni intorno agli effetti, che produce il contatto degli aggregati e delle molecole di diversa specie tra loro.

Qualunque sia lo stato intestino di un aggregato o di una molecola, allorchè essi si trovano in contatto con altri aggregati o altre molecole di specie diversa, il maggior disequilibrio devesi sviluppare nelle rispettive loro superficie che vengono a contatto. Poichè, dov' è maggiore eterogenità, ivi è maggiore disequilibrio (§ 20).

Gli stessi aggregati, trovandosi in movimento e strisciando uno sull' altro, debbono pure produrre un mutuo disequilibrio di parti sulle loro rispettive superficie.

In ambidue i casi si deve sviluppare nelle due superficie, che si toccano, una resistenza scambievolmente a mutare il proprio stato, come ancora una scambievolmente tendenza a formare tra loro una nuova composizione molecolare, che possa riunire in un sol sistema di equilibrio la mutua eterogeneità ed il mutuo disequilibrio delle due superficie diverse. Talvolta si aggiungono ancora le *affinità chimiche*, delle quali si è parlato sopra (§ 16), per far realizzaro la riammolecolazione delle due superficie eterogenee, appena sono in contatto tra loro.

Quello che accade nella superficie di un aggregato, deve con proporzione sempre decrescente accadere negli strati sottostanti; imperocchè, mutato essendo lo stato di una esterna superficie, tutti gli strati interni risentono anch'essi la ragione del mutamento, e si ritrovano eziandio in mezzo alle due forze contrarie, una che tende a farli mutare di stato, l'altra che resiste al mutamento. Le quali due forze null'altro sono che i due contrarii risultamenti, che si scontrano e si combattono, il risultamento del sistema di equilibrio già esistente che va a risolversi, ed il risultamento del nuovo sistema di equilibrio che va a nascere. Vince l'una o l'altra forza secondo la ragione della loro intensità, e secondo la speciale disposizione molecolare del corpo, sul quale si combattono.

§ 38 Epilogo delle Nozioni Premesse.

Appare chiaro da quanto fin qui ho esposto, che la sola

leggo dell'attrazione universale, ben modificata, rende ragione di tutti gli effetti, i quali sembrano a quella legge non obbedire.

Dippiù appare chiaro, che l'attrazione non è da me considerata come una legge primitiva ed inesplicabile della natura, ma come un risultamento necessario dei *contatti* reciprochi. Ed i contatti fra le sostanze semplici pertanto sono necessari, perchè tra esse non esiste spazio puro, e perchè desse sostanze semplici altre cose non sono che azioni intransitive, toccantisi fra loro. Partitomi da questo principio, son venuto mano mano dimostrando la necessaria formazione delle molecole e degli aggregati, la ragione della loro diversa densità, la compressione, e la rarefazione, donde spesso risultano le fusioni molecolari e le nuove ricomposizioni; ho benanche considerato la ragione numerica dei componenti delle molecole, che tende da sé in certi casi a riunirle in numeri più permanenti e più stabili, formando molecole di altra specie. La resistenza che si presentano mutuamente i sistemi di equilibrio già formati, prima di sciogliersi; l'antagonismo che risulta dalla dilatazione e dal restringimento degli aggregati o delle molecole; la influenza che esercita una massa sopra le altre, e i varii modi di sua trasmissione; l'attrazione reciproca e la ponderabilità universale di qualunque siasi massa, compresa anche quella che occupa il vuoto; e finalmente, i cangiamenti di stato che accadono sulle rispettive superficie dei corpi eterogenei in contatto, la loro mutua tendenza a ristabilire l'equilibrio, e tutte le conseguenze che ne avvengono negli strati sottostanti; tutte queste proprietà e modificazioni della materia, che pajono così diverse, sono state da me derivate da quell'unico principio: che *la sostanza elementare è azione intransitiva, ed è necessariamente in contatto con altre simili sostanze elementari, dal che nascono tutte le diversità dei risultamenti.*

Posti questi principii, vengo a dichiarare la mia teoria generale sulla vera natura dei creduti *Fluidi Imponderabili.*

ESPOSIZIONI DELLA TEORIA

SU LA VERA NATURA

DEI CREDUTI FLUIDI IMPONDERABILI

§ 39 *Si combatte l'idea delle sostanze imponderabili — Che sono dunque i tre creduti fluidi imponderabili, il Calorico, la Luce, l'Elettro-magnetismo ?*

Non esistono in natura sostanze imponderabili di nessuna specie.

Posto che la gravitazione, o la ponderabilità generale, è identica col risultamento dei contatti mutui delle sostanze semplici (§ 31), è chiaro che nessuna massa, nessuna aggregazione, nessuna molecola può essere imponderabile, val quanto dire, nessuna può stare isolata dal contatto delle altre, nessuna può non manifestare su di esse le sue speciali relazioni.

I creduti Fluidi Imponderabili rappresentano lo stato dei corpi ponderabili, nè son altro che i corpi stessi ponderabili esistenti in un determinato stato.

Sotto il nome di *stato dei corpi* intendo tanto la rispettiva loro composizione, numero, densità, volume, quanto le rispettive loro relazioni di equilibrio e disequilibrio, di dilatazione e restringimento, di resistenza, di fusione, ed in generale tutti quei rapporti reciprochi di cui ho favellato innanzi.

Così essendo, il *Calorico*, la *Luce*, l'*Elettro-magnetismo* non dovrebbero essere corpi per sè sussistenti, ma dovrebbero solo rappresentare tre peculiari stati dei corpi che potrebbero denominare: *stato di calorico*, *stato di luce*, *stato di elettro-magnetismo*.

Incomincio dallo Stato di Calorico; e mostrerò come nella teoria dello stato di calorico s'identificano tutti quei fenomeni, che finora si son voluti con difficoltà gravi attribuire all'azione di una poderosa sostanza imponderabile, la quale si è chiamata *calorico*.

LIBRO PRIMO

DELLO STATO DI CALORICO

§ 40 *Teoria generale sulla vera natura del calorico —
Divisione di questo Libro.*

Il calorico non è un'agente che dilata i corpi, ma esso è la stessa dilatazione delle loro molecole.

Ogni molecola è un composto di sostanze semplici, che fanno tra loro un sistema di fermezza (§ 10): essa non cangia, fintantochè non si muta lo stato di sua ammelecolazione. — Esposi nel § 17, che qualunque molecola o qualunque aggregato, innanzi che passi da un certo permanente numero di componenti ad un altro, offre una *resistenza*; e questo significa che, senza ancora accrescersi nè diminuirsi il numero dei componenti, incominciassi a perturbare il loro mutuo equilibrio e la loro intestina fermezza: il che avviene per due casi contrarii, o per l'eccesso della compressione onde si produce il *restringimento*, o per l'eccesso della rarefazione onde nasce la *dilatazione*.

Dico adunque, che la *interna dilatazione delle parti componenti una molecola*, o la *interna dilatazione delle parti componenti un aggregato*, costituiscono lo stato di calorico. E siccome non vi ha restringimento in un corpo senza l'antagonismo della dilatazione negli altri (§ 18), così è che il calorico, ossia lo stato di dilatazione, per lo continuo moto e disequilibrio dei corpi di questo universo, esiste con varie proporzioni in ogni luogo.

Dividerò questo Libro in quattro Sezioni: nella Prima tratterò delle *varie origini del calorico*; nella Seconda del *calorico specifico*; nella Terza della *propagazione e trasmissione del calorico*; nella Quarta finalmente degli *effetti del calorico*.

Opure cangiando i termini, farò conoscere nella Prima Sezione, quali sono le origini della *dilatazione molecolare* che noi chiamiamo calorico; nella Seconda dimostrerò, perchè ai diversi corpi convengono gradi diversi di *dilatazione*; nella Terza, perchè essa *dilatazione* in alcuni corpi si propaga, in alcuni altri si trasmette, e secondo quali leggi ciò avviene; nella Quarta indicherò gli effetti principali che cagiona la *dilatazione calorifica*.

Mi riserverò a trattare della influenza che esercita lo stato di *calorico* sullo stato di *luce*, e di questo su quello, nel Libro che tratterà della Luce. Parimenti mi riserverò a favellare della influenza che spiega lo stato di *calorico* sullo stato di *elettro-magnetismo*, dopochè avrò trattato dello stato elettro-magnetico.

SEZIONE I.

DELLE VARIE ORIGINI DEL CALORICO

§ 41 *Necessaria esistenza dello stato di calorico in tutti i corpi.*

Non vi è corpo, che non abbia un determinato grado di calorico. Imperocchè, non esiste corpo che non sia in contatto di altri corpi, e perciò, tendendo a formare un sistema di equilibrio con quelli, deve per necessità avere nelle sue molecole un grado più o meno grande di dilatazione: ma ogni dilatazione molecolare è calorico: dunque il calorico è in ogni corpo.

Quando io cerco le varie origini del calorico, intendo solamente ricercare le varie cagioni, per cui la dilatazione molecolare dei corpi si accresce o si diminuisce.

CAPO I.

DEL CALORICO PROVVENIENTE DA SEMPLICE CONTATTO
DEI CORPI DI ETEROGENEA DENSITA' MOLECOLARE.

§ 42 *Tra i corpi eterogenei, che si mettono in contatto, si forma tosto l'equilibrio delle temperature.*

Se veramente il calorico non è corpo, ma è la stessa dilatazione delle molecole dei corpi (§ 40), e s'è vero che tutti i corpi tendono mutuamente ad equilibrarsi mercè l'antagonismo delle loro rispettive dilatazioni e restringimenti (§ 18), seguir ne deve, che essendo in contatto corpi eterogenei, subito dee nascere in essi una tensione reciproca per l'equilibrio, e da ciò un rispettivo dilatamento o restringimento, proporzionale in ognuno alla rispettiva sua densità molecolare. Perciò il calorico devesi tra essi prestamente modificare, aumentandosi in alcuni, decrescendo in altri.

L'esperienza conferma, che ogni qualvolta corpi di eterogenea dilatazione molecolare si pongono in contatto, subito vi ha disturbo delle loro individuali temperature, per formarsi in tutti una temperatura presso a poco eguale. Il fenomeno dell'equilibrio delle temperature, benchè sia ovvio, pure è importante assai e degno di attenta considerazione.

§ 43 *Si espongono e si rifiutano le tre ipotesi, con cui si è preteso spiegare l'equilibrio delle temperature, l'ipotesi del calorico latente, l'ipotesi del calorico combinato, e l'ipotesi della diversa capacità dei corpi per lo assorbimento del calorico.*

Finora essendosi sostenuta la esistenza di un fluido deno-

minato *calorico*, si è dovuta mettere avanti un'ipotesi per ispiegare, come siffatto fluido apparisca in certe circostanze, ed in certe altre sparisca dentro uno stesso corpo: si è detto perciò, che la sostanza calorica si combina colle molecole dei corpi; ed allora restando, per così dire, legato, non si manifesta più con segni sensibili, diviene *latente*: scioltasi però tale combinazione, la sostanza calorica rimasta libera si presenta con segni sensibili, diventa *manifesta*.

Ma, se fosse vera tale ipotesi, l'equilibrio delle temperature non sarebbe possibile. Imperciocchè, dov'è combinazione, ivi è strettezza di affinità, strettezza di unione: dov'è combinazione, vi è un grado di saturità, vi sono proporzioni secondo le quali si effettua il combinamento. Per conseguenza, se il calorico si trovasse combinato colle molecole dei corpi, non se ne dovrebbe disciogliere con tanta facilità, non se ne dovrebbe disciogliere in tutta sorta di proporzioni: molto più, che esso nel disciogliersi dalla combinazione presente non dee passare ad altre combinazioni, ma deve venire ad uno stato di libertà, per diffondersi e distribuirsi egualmente sopra i corpi eterogenei che sono in contatto, costituendo così l'equilibrio delle loro temperature.

Questo argomento sarà trattato più estesamente, allorchè ai parlerà del Calorico Specifico.

Intanto, si stabilisce dai Fisici che i corpi, benchè si trovino sotto la stessa temperatura, non hanno tutti la medesima capacità per lo assorbimento del calorico; per conseguenza il punto della loro rispettiva saturazione non può in tutti essere lo stesso. Or si supponga per ragion di esempio che 100° di calorico debbano dividersi a quattro distinti corpi, dei quali il primo abbia la capacità come 5, il secondo la capacità come 10, il terzo come 20, ed il quarto come 40. Conservandosi costantemente questa proporzione di capacità, i 100° di calorico non si possono mai dividere fra i quattro corpi, in modo che ne risulti un'equilibrio di temperatura. Imperocchè, siccome osserviamo in Chimica, le sostanze che hanno

gradi diversi di reciproca affinità, si saturano parimenti a diversi punti: quelle però che hanno affinità maggiore per un determinato corpo, si approfittano e si saturano di esso, prima che vi giungano le altre. Anzi, se altre sostanze sonosi impossessate di quel corpo, arrivano a spogliarne del tutto, per ottenere la loro piena saturità. Quando esse si sono saziato, il rimanente, se ve n'ha, si distribuisce a tutte le altre, per saturarsene secondo le rispettive proporzioni di affinità. Parimenti, i corpi, che han maggiore capacità per lo calorico, dovrebbero saturarsene, prima che ne cedessero la minima parte a quelli che han per esso una minore capacità.

Si direbbe forse, che la *capacità* è una cosa ben diversa dall'*affinità*: la capacità è una cosa tutta passiva, è una mera recettività, mentre l'affinità è una cosa attiva, è una forza che tende ad impossessarsi di una sostanza. Ma con queste espressioni non si direbbe una cosa di rilievo. — Che vuol dire, che la capacità, per lo calorico è una cosa tutta passiva? Vuol dire forse, che il calorico può a suo arbitrio riempirla, o non riempirla? O forse vuol dire, che il calorico deve riempire interamente una capacità, prima di passare a versarsi in un'altra, siccome tutti i fluidi, i quali, trovato un vuoto, debbono prima colmarlo, per passar da esso a riversarsi in un altro? La prima supposizione significherebbe un cammino arbitrario del calorico, il quale affatto non è, nè può essere. La seconda ritornerebbe a confermare quello ch'io dissi, che i corpi, i quali hanno maggior capacità per lo calorico, dovrebbero saziarsi, prima che gli altri potessero cominciare a riceverne la menoma parte. L'onde, siccome sarebbe varia la capacità dei corpi per lo calorico, l'equilibrio delle temperature sarebbe impossibile.

§ 44 *Perchè le varie dilatazioni calorifiche dei corpi debbono equilibrarsi tra di loro, appena sono in contatto?*

I corpi eterogenei, essendo in contatto, si dilatano nelle loro

rispettive molecole secondo il rispettivo grado della loro densità: da ciò nasce, che la capacità per la dilatazione, val quanto dire, la capacità per lo stato di calorico, non è eguale in tutti. Ma dall'altra parte il risultamento di tutte le diverse dilatazioni si è un'equilibrio generale, perchè un mutuo antagonismo compensa tutte le differenze, ed eguaglia lo stato di tutti.

Come mai ci assicuriamo, che tra i corpi diversamente scaldati formasi al più presto un'equilibrio di temperie? Noi ce ne assicuriamo mercè gli stromenti misuratori del calorico, i quali, fatti passare successivamente per tutti i corpi che sono tra loro in contatto, segnano presso a poco il medesimo grado. Esprimiamoci dunque meglio: non è uguale il calorico, cioè la dilatazione molecolare in tutti quei corpi: ognuno di essi è dilatato a suo modo, secondo la speciale sua densità, come diremo nella Sezione seguente; quella che veramente è uguale in tutti è la *temperatura*, la quale consiste nell'equilibrio delle dilatazioni molecolari risultante da' varii dilatamenti, che subiscono le molecole dei corpi secondo le loro speciali densità.

§ 45 *Perchè il termometro segna o eguale o diverso grado di temperatura tra corpi eterogenei posti in contatto? — Tra i corpi di eterogenea densità non vi ha vera uguaglianza di calorico, ma equilibrio di temperatura.*

Or, quando si saggiano col termometro diversi corpi ad egual grado di temperie, altro non si fa che osservare l'effetto di tutti quei corpi sopra lo strumento saggiatore. — E siccome essi corpi, sebbene diversamente dilatati, formano un sol sistema di equilibrio, perciò lo strumento che riceve la sua particolare dilatazione o si mette in equilibrio con uno di essi, girato che sarà per tutti gli altri, si ritroverà sempre in equilibrio. — Ecco perchè in ogni cangiamento di contatto tra corpi di eterogenea densità molecolare, vi ha

sempre disturbo di temperatura; cioè, i dilatamenti dei corpi individuali cangiano gradi, conservando sempre le rispettive loro proporzioni, finchè si ristabilisca un comune equilibrio.

Dico adunque, che non vi ha vera *uguaglianza* di calorico, ma *equilibrio di temperatura* nei corpi eterogenei, quando sono in contatto; e con ciò intendo significare, che i gradi del dilatamento molecolare restano sempre diversi, come sono diverse le rispettive densità; ma il risultamento totale delle varie dilatazioni, per lo *mutuo compenso* che tra loro di necessità si avvera, produce un generale equilibrio.

Quindi ogni corpo in movimento deve cangiare necessariamente la temperatura di tutti i corpi coi quali passa. — Un termometro, il quale si troverebbe situato nel punto di passaggio di corpi diversi in densità e non equilibrati fra loro in temperatura, segnerebbe di continuo gradi diversi, nè potrebbe equilibrarsi totalmente con veruno di essi. Può accadere però, che alcuni corpi differenti in densità e differentemente dilatati, ma equilibrati tra loro in temperatura, passino vicino al termometro; allora esso mettendosi in equilibrio con uno di quei corpi, poco o nulla viene scosso dagli altri, e mantienesi quasi costantemente allo stesso grado.

Affinchè si riducano alla stessa temperatura corpi eterogenei in densità, fa d'uopo che stieno qualche tempo fra loro in quiete, o che agitandosi, si volgano pur sempre fra sè, onde non vi si introduca altro corpo, che possa turbare la loro generale tendenza allo equilibrio di temperatura. Non mi affatico a riportare esperienze su tal particolare, mentre esse sono comuni e continue.

§ 46 Teoria sulla vera cagione del calorico tra i corpi di eterogenea densità posti in contatto, e sull'equilibrio delle loro temperature.

Perciò il contatto di corpi eterogenei è cagione di calorico nel solo senso, che *per formarsi un'equilibrio generale di tem-*

peratura, i corpi la cui dilatazione molecolare è minore vanno a dilatarsi, ed altri la cui dilatazione è maggiore vanno per ragion di antagonismo a restringersi proporzionatamente. — In tali occasioni nessun fluido si comunica, nessuna sostanza passa da un corpo in un altro corpo: si equilibrano solamente i rispettivi dilatamenti molecolari.

CAPO II.

DEL CALORICO ECCITATO CON MEZZI MECCANICI.

§ 47 *Fluidi e liquidi per causa di attrito sviluppano calorico. — Si rigetta l'ipotesi del calorico latente adoperata a spiegare tal fenomeno.*

Stropicciando un corpo solido, o battendo e rimestando fortemente un fluido, si ottiene quasi sempre un'innalzamento di temperatura. Se questo fenomeno si volesse spiegare nella supposizione che il calorico fosse una sostanza fluida, dovrebbero ricorrere alla solita ipotesi del *calorico latente*, il quale all'occasione dello stropicciamento e dell'attrito sprigionasi e divien manifesto.

Ma com'è possibile starsi nascosto tanto calorico, che basti ad alzare da 0° a 100° C. libbre 26, 40 di acqua nell'esperienza che faceva Rumford, trapanando velocemente i cilindri di bronzo? E perchè stropicciando tra loro corpi di natura diversa e di superficie differente, non si ottiene lo stesso grado di riscaldamento sull'uno e sull'altro? Perchè p. e. stropicciato un disco di sughero scabbro con un altro di sughero pulito, il primo si riscalda più del secondo? Perchè lo stropicciamento del raso bianco sul raso nero produce maggiori gradi di calorico sul bianco anzichè sul nero? — Ma prima di tutto, qual ragione vi ha, che il semplice soffregamento mu-

tuo di due corpi deve sprigionare e render manifesta una sostanza, che dapprima era latente a qualunque più sensibile termometro? — I Fisici per lo più nello esporre tutti questi fatti, non s'innalzano fino alla teoria; e se pure cercano d'indagare le proporzioni con cui essi fatti avvengono, temono quasi sempre di rintracciarne troppo a fondo la ragione.

§ 48 *Vera cagione per la quale lo stropicciamento dei solidi desta la dilatazione calorifica.*

Lo stropicciamento di un corpo contro un altro produce o compressione o distrazione delle molecole rispettive. Essendo forte l'attrito, le molecole che stanno alla superficie dei due corpi, si comprimono contro quella falda di molecole che stà più sotto. Dippiù, per effetto dello stesso attrito vi ha tra le molecole una continua unione e separazione, la quale succedendo con grande rapidità, non dà tempo alle molecole, già tirate verso un lato, di ritornare verso l'altro, per mantenersi nel loro posto: per conseguenza accade una distrazione di molecole, ed anche una successiva avulsione.

Gli effetti, tanto della compressione, quanto della distrazione ed avulsione delle molecole, devono necessariamente manifestarsi con tutti i segnali, coi quali noi riconosciamo il calorico. In generale, accadendo un mutamento nello stato di aggregazione di un corpo, tosto si cangia la dilatazione molecolare, perchè si turba quel rispettivo equilibrio che tiene le masse in una reciproca armonia. Laonde si desta subito quell'antagonismo tra dilatazione o restringimento, che si fa riconoscere per l'effetto sensibile del calorico.

Ogni qual volta un corpo preme l'altro, siccome le due rispettive superficie non sono mai perfettamente piane, ma presentano delle piccole prominenze ed avvallamenti, che talvolta non sono pure discernibili ad occhio nudo, perciò vi ha mutuo incrocciamento ed intraposizione di molecole fra l'una o l'altra superficie. Intanto, essendo tirata rapidamente una

contro l'altra; si effettuano tosto le vicendevoli dilatazioni per causa degli stiramenti e delle forzose compressioni che allora hanno luogo. In tal caso sul punto di contatto delle due superficie si stabilisce una sorgente di calorico e lo stropicciamento ne è la vera cagione. — Siccome il calorico non è una sostanza, l'atto dello stropicciare non dà nascita ad una sostanza nuova, nè sprigiona un fluido che prima era nascosto, ma genera solamente un nuovo stato di dilatazione molecolare nei due corpi sottoposti all'esperimento.

Tutte le molecole, che compongono un corpo, fan sistema tra loro; e perciò, se si fa succedere uno stato di maggior dilatazione in un determinato punto, tosto o tardi tutte le molecole ne partecipano, ed allora si ha uno spandimento di calorico per tutto il corpo stropicciato.

§ 49 *Come la dilatazione calorifica prodotta da stropicciamento sulla superficie di un solido si estenda alle falde sottostanti.*

Seguitando l'atto dello stropicciare, seguita parimenti la ragione della dilatazione molecolare, e perciò la sorgente del calorico va pur sempre accrescendosi. Ma dal lato contrario si trova, che tutte le altre parti, le quali non son soggette all'immediato soffregamento, offrono una specie di resistenza per non cangiare il loro peculiare stato di dilatazione. Quindi la sorgente del calorico, che esiste sulla superficie stropicciata, trova un'argine in tutta la restante massa. Il massimo della forza calorifica, ossia della forza dilatatrice, esiste senza dubbio nella superficie stropicciata; ma propagandosi di falda in falda si deve trovare ognor più diminuito. Imperocchè, se per vincere lo stato d'inerzia della prima falda esso devo perdere p. e. un grado di forza, allorchè si trova passato nella seconda falda, agisce con un grado di meno, e perciò per vincere la resistenza di essa seconda falda dovrà perdere più di un altro grado di forza: per conseguenza, passando nella terza

falda, si troverà diminuito di più di due gradi: e così decre-
scerà ognor più, finchè l'effetto della sorgente calorifica a
lunga distanza si ridurrà a zero.

Tutto questo però ammette due eccezioni: la prima, quando
nelle falde sottostanti vi sono tali molecole, che per causa
della dilatazione calorifica ricevuta sviluppano le loro affinità
chimiche: allora il cammino del calorico non va più coi
gradi su indicati di decrescimento; la seconda, quando il corpo
soggetto allo stropicciamento, senza sentire perturbazione dello
stato di calorico nella sua interna composizione, trasmette al
di fuori tutto il calorico che l'atto del soffregare desta sulla
sua superficie: in questo secondo caso la dilatazione calorifica
non si propaga, ma si trasmette (§ 21 e seg.) — Dell'una e
dell'altra cosa sarà detto a sufficienza nella Sezione III.

§ 30 *Del calorico nascente dalla compressione dei gas e dei
vapori, e del condensamento in antagonismo. — Del calorico
nascente dall'agitazione dei liquidi e dei fluidi elastici.*

Quello che avviene nei solidi mediante la compressione e
lo stropicciamento, succede pure nei liquidi e nei fluidi ela-
stici mediante la compressione, l'urto, l'attrito, o altra simile
azione. Nella compressione dei gas e dei vapori si debbono ri-
guardare due cose: il corpo comprimente, ed il gas o vapore
compressso. Siccome quest'ultimi si restringono nel volume, a
segno di divenir liquidi, perciò tra le loro molecole vi ha re-
stringimento e non dilatazione. Ma per ragione di antagoni-
smo il corpo comprimente e le falde più esterne dello stesso
gas o vapore, che fanno da comprimenti sulle falde sottopo-
ste, si prendono tutta la dilatazione calorifica corrispondente.
E perciò in tal caso si ha un doppio stato contrario, forse
finora osservato con poca attenzione: nel centro del gas o va-
pore compressso vi ha mancanza di calorico, mentre nell'e-
stremo e propriamente sul corpo comprimente si ha un grado
massimo di dilatazione calorifica. Ma di ciò più estesamente
nella Sezione IV.

Quando poi i gas, i vapori, i liquidi non sono compressi, ma sono solamente agitati e rimescolati, allora succedono le due seguenti cose: se l'agitazione è lenta e tranquilla, ne risulta non altro che un'equilibrio di temperatura; se però è rapida assai e con forte commovimento, ne nasce nuovo accrescimento di calorico, perchè in tal caso vi ha pure una specie di distrazione ed avulsione di molecole, come nei solidi (§ 48).

CAPO III.

DEL CALORICO SVILUPPATO PER MEZZO DEL CHIMISMO E DELLA COMBUSTIONE.

§ 51 *Esposizione della dottrina della combustione.— Varie specie di combustione.*

Un corpo, allorchè si brucia, genera molto calorico: anzi la principale sorgente di calorico che noi possediamo, e di cui facciamo uso quasi continuamente, si è quella della *combustione*. Il fenomeno della combustione è stato posto in luce da Lavoisier: egli provò con esperienze analitiche, che il corpo bruciato pesa più di quello che pesava prima di essere stato bruciato, e dimostrò che il dippiù del peso corrisponde ad altrettanto ossigeno, che il corpo in combustione toglie all'aria circostante per appropriarselo.

Dall'altra parte è certo, che alcuni corpi bruciati mandano una colonna di gas, il quale giunge benanche a prendere lo stato lucido, e manifestasi nelle apparenze di fiamma. Perciò i corpi, che ardono in una tal maniera, presentano il doppio contrario effetto di una determinata quantità di esalazione gassosa, ed insieme di una fissazione di ossigeno sull'avanzo del corpo bruciato. I metalli però arrivano allo stato d'incandescenza, e perciò producono gli effetti della luce, ma in-

tanto conservano la loro coesione molecolare, e vi ha bisogno dei gradi più forti di calorico per poterli rendere liquidi, come talvolta son necessarie le più energiche correnti della pila per volatilizzarli.

Or, noi diciamo che un pezzo di legno si brucia, allorchè manda in alto una colonna di gas lucido, richiama e fissa su di sè l'ossigeno dell'aria, ed innalza la temperatura. Parimenti, diciamo che un metallo è in combustione, quando presenta i fenomeni della luce, il richiamo e la fissazione dell'ossigeno, l'innalzamento della temperatura. Ma il legno a poco a poco si consuma, disciogliendosi la più parte in gas; al contrario il metallo perdura nello stato di solidità, talvolta sotto la più forte incandescenza. Perciò la combustione non è uguale in ambidue i casi.

Talvolta pure il fenomeno della combustione incomincia sotto i nostri occhi, talvolta la combustione già incominciata si comunica da un corpo ad un altro. Merita in primo luogo essere riguardata la combustione che incomincia.

Vi sono alcuni corpi che, stropicciati anche in leggiero modo, tosto si accendono e metton fuori i fenomeni della combustione la quale, se trova alimento, si mantiene per lungo tempo. Vi sono altri corpi, i quali col semplice toccarsi, senza verun'attrito, da sè sviluppano la fiamma. Vediamo pure manifestarsi la scintilla sotto le scariche elettriche; ed essa alle volte è tale, che basta ad accendere un combustibile. Talvolta il fenomeno della fiamma è preceduto da una eccessiva accumulazione di calorico sul corpo combustibile, talvolta la fiamma incomincia, e poscia si svolge il calorico.

Qui non posso prendere in disamina questo argomento nella sua totalità, perchè le teorie che dovrò esporre intorno all'origine della luce, ed intorno all'elettro-magnetismo, sono necessarie per intendere completamente l'incominciamento della combustione con fiamma; nulladimeno il fenomeno può qui essere studiato per la sola parte che riguarda la manifestazione del calorico.

§ 32 *Perchè la dilatazione calorifica deve cagionare la combustione?*

Se è vero, che il calorico consiste nello stato di dilatazione molecolare (§ 40), per incominciare il fenomeno della combustione, sia con fiamma, sia senza, è necessario che in un determinato punto, per qualunque siasi causa, incominci una dilatazione molecolare, la quale fermando in quel punto il suo principale centro, vada gradatamente spandendosi per tutti i corpi contigui.

L'esperienza ha dimostrato, che tutti i corpi sono combustibili. Lo stesso diamante, che al lungo tempo aveva resistito alle replicate pruove dei Fisici, ha ceduto finalmente alla forza comburente di sopraccarichi roofoi; e così su questo corpo si è avverata la predizione che due secoli innanzi aveva fatta Newton.

La teoria già piantata intorno alla natura del calorico rende ragione di tutto ciò; imperocchè il fenomeno della combustione devesi necessariamente manifestare in tutti quei corpi, in cui per effetto della dilatazione molecolare cominciano le chimiche decomposizioni e ricomposizioni: onde nello stesso tempo si ha calorico per la dilatazione avvenuta, colonna di gas infiammato per la decomposizione, e fissazione di ossigeno per la contemporanea ricomposizione.

Non sempre però il fenomeno della combustione è accompagnato da fiamma. Così nei nostri polmoni, secondo le riflessioni eccellenti di Lavoisier, si effettua una continua e lenta combustione, fissandosi l'ossigeno sul carbonio che in essi si trova, donde nasce la quantità ordinaria di tutto il nostro calorico (1); e nondimeno nei nostri polmoni il fenomeno della

(1) Dico *ordinaria*, perchè un'aumento *straordinario* di calorico, o generale o parziale, può nel nostro corpo esser prodotto dalla in-

fiamma non apparisce. Così ancora in un gran numero di chimiche combinazioni vi ha sviluppo di calorico non accompagnato da fiamma.

§ 53 *L'idea di combustione si deve allargare a qualunque operazione di chimismo accompagnata da calorico.*

Lavoisier, avendo dimostrata la fissazione dell'ossigeno in ogni combustione, ritenne la prima come elemento necessario della seconda; in guisa che si astenne di dare il nome di combustione a tutti quegli altri casi in cui non si osserva fissazione di ossigeno. In tal materia egli procedeva con quello stesso metodo con cui aveva definito, che il solo ossigeno sia capace di acidificare le sostanze, e che tutti gli altri corpi facciano sempre di base all'ossigeno: la quale idea oggigiorno in Chimica trovasi riformata, dapoichè si sono scoperti molti acidi i quali son formati dall'idrogeno, e non contengono la menoma porzione di ossigeno, come gli acidi idroclorico, idrocianico, idrobromico ec. e parimenti si è stabilito quasi di comune consenso fra tutti i Chimici, che non appartiene al solo ossigeno il fissarsi sopra le varie basi per formare i diversi sali, ma che appartiene ancora agli acidi sopradetti, nei quali non entra per nulla l'ossigeno: onde le denominazioni di cloruro, di cianuro, di bromuro ec.

Or io dico, che la medesima cosa si dovrà ritenere intorno alla combustione: cioè, non la sola fissazione dell'ossigeno, ma in generale *qualunque decomposizione chimica e nuova ricomposizione, accompagnate da sviluppo di calorico, costituiscono lo stato di combustione*. Non sempre però la combustione è fiammifera o lucida; nella maggior parte delle com-

nervazione: già tale aumento non è mai più di 2 gradi. Ciò sarà da me dimostrato in altra Opera, dove esporrò le mie Ricerche su la vera natura della Innervazione.

binazioni chimiche vi ha manifestazione di calorico senza manifestazione di luce, perciò combustione *oscura*.

Con queste vedute l'applicazione della idea di combustione verrebbe a dilatarsi a tutte quelle operazioni chimiche, che sono accompagnate da svolgimento di calorico; e ne resterebbero escluse solamente quelle che dal calorico non sono accompagnate. — Graham ha cominciato a misurare i gradi di calorico che si manifestano nello idrarsi di alcuni acidi e di alcuni sali anidri, come ancora nello sciogliersi di alcuni sali cristallizzati per mezzo dell'acqua. Andrews ha piantato le leggi dello svolgimento di calorico che si ottiene, allorquando gli acidi si uniscono alle basi, o le basi agli acidi, o pure allorquando i sali neutri si convertono in sali acidi o in sali basici. In tutti gli anzidetti casi, per quello che ho detto avanti vi è combustione. — Ha scoperto però il menzionato Andrews, che non vi ha innalzamento di temperatura tutte le volte che un sale neutro, combinandosi con uno o più equivalenti di sale acido, passa anch'esso allo stato di sale acido: se n'eccezzano i sali neutri che divengono sali acidi per mezzo di equivalenti di acido fosforico o arsenico; essi solamente sono accompagnati dalla manifestazione di un debole grado di calorico. Ecco perciò i casi in cui l'operazione chimica non è accompagnata da calorico: quelli non entrano nella classe delle combustioni.

§ 54 *Della luce e della fiamma prodotte dalla combustione—
Del calorico ch'è causa della combustione, e del calorico che
n'è l'effetto.*

Qui non istarò ad indagare le ragioni, per le quali qualche volta il fenomeno della luce accompagna la combustione. Ciò sarà discusso nel Libro Secondo, dove tratterò della Luce.

È ovvia però la distinzione tra luce e fiamma; poichè, sebbene ogni fiamma includa la luce, non però ogni luce è prodotta da fiamma. Questa si presenta ogni qual volta una co-

lonna di gas si solleva dal corpo che si brucia, e nel sollevarsi imprime all'aria quel determinato movimento, che io a suo luogo chiamerò *luce*. Ma può benissimo accadere, che tal movimento lucido sia all'aria comunicato dai corpi, i quali stanno combinandosi fra loro chimicamente senza mandar fuori nessuna colonna di gas infiammato. Per questa ragione succede, che vi sia luce senza fiamma.

Premesse tali idee, è facile ravvisare, che la combustione può essere effetto del calorico già sviluppato, come può ancora esser cagione dello sviluppamento di altro calorico. Arrivando le molecole ad un grado di dilatazione massima, cioè ad un grado massimo di calorico, seguir ne deve la fusione delle medesime molecole (§ 16): quindi si mette in giuoco il *chimismo*, di cui è effetto la combustione, o oscura o lucida, o con fiamma o senza. Lo stesso chimismo, che alimenta la combustione già sviluppata, produce per la continuità dei contatti, e per ragione di antagonismo, ulteriori dilatazioni molecolari nei corpi circostanti: perciò ulteriore nascita ed accumulazione di calorico, la quale pure è cagione di ulteriore combustione.

§ 55 *Delle diverse quantità di calorico, che produce la combustione — Della differente combustibilità dei corpi, e delle ragioni che dàn principio alla combustione.*

Intanto i corpi, che ardono, non generano sempre la stessa quantità di calorico. Alcuni corpi composti, come particolarmente l'essenza di trementina, l'etere, il cianogeno, essendo bruciati, producono una quantità di calorico maggiore assai di quella che darebbero i loro rispettivi elementi, bruciato ognuno isolatamente. La somma del calorico, che dovrebbero dare gli elementi dell'etere separatamente presi, ascenderebbe a 28140, mentre il calorico effettivo, che l'etere produce secondo l'esperienza, arriva a 31335. Gli elementi del cianogeno separatamente presi darebbero 7858 di calorico, mentre per esperienza il cianogeno bruciante ne dà 12270.

Tutto ciò prova, che la quantità della dilatazione calorifica prodotta dalla combustione è proporzionale allo stato di composizione delle molecole brucianti. Imperciocchè le molecole, che dovranno servire a formare un corpo, non hanno quella stessa composizione che otterranno, poichè l'avran formato. Le molecole, che costituiscono gli elementi del cianogeno separatamente presi, non sono eguali in composizione a quelle che formano già il cianogeno, perciò si dilatano con proporzioni differenti.

I corpi, benchè tutti combustibili, come dicemmo (§ 52), pure non tutti sono combustibili allo stesso grado. Ciò senza dubbio deve dipendere da che la densità molecolare, la disposizione ed il numero delle molecole non sono, nè possono essere gli stessi in tutti. I corpi che hanno tale densità molecolare, tal disposizione, e tal numero di molecole, che formano tra loro un sistema ben compatto di equilibrio, non possono prestarsi alla dilatazione calorifica ed alla combustione, come si prestano quelli nei quali il sistema di equilibrio è men compatto, meno anche perfetto e men durevole, per causa della densità minore, della diversa disposizione e diverso numero di molecole. Il diamante non si può prestare alla combustione, come il fosforo: per quello abbisognano le più intense forze della corrente elettrica, in questo al contrario, non dico il menomo attrito, ma benanche basta il solo contatto dell'aria per isviluppare la combustione; anzi in esso la combustione è continua, con qualunque corpo si trovi in contatto.

Siccome la combustibilità è relativa alla densità molecolare, ne siegue che i Fisici per determinare in altri modi la densità delle molecole e delle loro aggregazioni potrebbero valersi del paragone dei diversi gradi di loro combustibilità, intendendo sotto questa parola qualunque specie di eccitamento di calorico unito a decomposizione e ricomposizione chimica.

Stabilisco dunque come principio generale, che *non succede mai combustione, se non si mettono in giuoco le chimiche operazioni*, e quindi la combustione incomincia sempre sopra uno di quei

corpi, che son disposti a subire più prontamente una metamorfosi chimica. Sia che si avvicinino due corpi i quali hanno una strettissima affinità reciproca, sia che per mezzo di piccolo attrito compressione o battitura sviluppisi un certo grado di dilatazione calorifica su di un corpo la quale basti a mettere in azione le chimiche affinità, tosto han luogo tutti i fenomeni della combustione; la quale altresì dura tanto, quanto dura l'alimento al chimismo. Inutilmente mi affaticherei in questo luogo a raccogliere esempi per provare quanto io dico: basta l'esperienza quotidiana di tutte le combustioni che noi a bella posta ci procuriamo, e di tutte quelle che avvengono a nostra insaputa, le quali succedono per l'appunto nella guisa che testè ho descritta.

§ 56 *Come si alimenta e si propaga la combustione. — Come trova il suo antagonismo.*

La combustione incominciata su di un corpo talvolta si propaga sopra di altri, talvolta si arresta e si estingue. La spiegazione di questo avvenimento è consentanea perfettamente alla teoria esposta. Imperciocchè le combinazioni chimiche, senza cui la combustione non ha luogo, avvengono per uno dei due seguenti casi: o che due sostanze in contatto hanno affinità grandissima a riunirsi fra loro, o che per una forte dilatazione molecolare comunicata dal di fuori due sostanze in contatto son costrette mutare lo stato delle loro molecole, e subire altra specie di ammolecolazione. Nel primo caso la combinazione chimica avviene, come dissi nel § 16, in forza di simpatia; nel secondo caso avviene per costringimento. In conseguenza, la combustione succede rapidamente sopra tutti quei corpi, i quali hanno una mutua affinità; ma sopra quei corpi, che per entrare nel chimismo devono subire una forte dilatazione calorifica comunicata dal di fuori, la combustione è sempre preceduta da uno stato più o men grande di calorico; e posciachè essa si è sviluppata, continua tuttavia ad

alimentarsi, fintantochè la forza di calorico, ossia la dilatazione molecolare già accumulata, basti a vincere lo stato di ammoleculazione dei corpi che le si parano innanzi. Per questa ragione molti corpi ripugnano alla forza comburente, e son necessarii altissimi gradi di temperatura, che han potuto finora somministrare le correnti elettriche della pila, per operare in essi la combustione.

Quello però, che più particolarmente conferma la verità della teoria sulla natura del calorico, si è il fenomeno costantemente osservato in tutte le specie di combustioni o lente o rapide, o con luce o senza luce, o con fiamma o senza, cioè la fissazione di un corpo sopra di un altro, e la ricomposizione di nuove molecole. Se è vero, che il calorico consiste nello stato di dilatazione molecolare, esso aver deve per antagonista, come altrove dissi (§ 18), lo stato di restringimento molecolare. Nessuna dilatazione può accadere nelle molecole, che non sia fatta a spese di altre molecole, le quali in antagonismo debbono condensarsi.

§ 57 *Dell'antagonismo o lontano o immediato, che spetta alla dilatazione calorifica. — Esempio dell'antagonismo lontano, che appartiene all'aria dilatata dai raggi dell'equatore.*

Qui non prendo in disamina la propagazione del calorico, della quale tratterò nel Libro Terzo, ma dico solamente, che non succederà mai combustione, nè si svilupperà il menomo grado di calorico in un corpo, che tosto un altro non si dovrà trovare in uno stato totalmente contrario alla dilatazione, rendendosi viepiù denso.

Ciò però vuolsi intendere con una differenza. In tutti i casi di combustione, esistendovi una operazion chimica, ne nascono contemporaneamente e nello stesso luogo molecole più dense e molecole meno dense: quindi i due stati contrarii di dilatazione e di restringimento si avverano nelle stesse molecole sottoposte alla forza comburente. Quando però non succede

combustione o per difetto di affinità chimica, o per inefficacia della forza calorifica dilatatrice, la quale non giunge a vincere lo stato peculiare di ammolecolamento, allora la dilatazione calorifica, che accade in un aggregato, trova il suo antagonistico restringimento sopra altri aggregati.

Quello è precisamente il caso, che il calorico si mette, per così dire, in via. Cioè, la dilatazione molecolare suscitata in un punto o per mezzo meccanico, o per mezzo chimico (qui non parlo dei mezzi elettrici) si comunica di grado in grado ai successivi aggregati; e qualora per via non incontra da poter produrre combinazioni chimiche, v'è pur sempre propagandosi, con quei gradi però di decrescimento che le appartengono per causa della resistenza, la quale oppone continuamente lo stato di equilibrio di quei corpi, di cui la dilatazione si v'è a poco a poco ad impadronire. Di tale successivo decrescimento della dilatazione per causa della resistenza favellai nel § 37.

Negli anzidetti casi la dilatazione calorifica si può estendere a lunga distanza, senza che incontri l'antagonismo del restringimento. Ma, siccome il contatto mutuo è necessario tra tutti gli aggregati, perciò la mente si persuade, che ai termini di qualunque dilatazione calorifica debbonsi ritrovare tali aggregati, che per antagonismo rappresentino lo stato del restringimento.

Così, per recare un esempio, le falde di aria, che si ritrovano sotto i raggi diretti del Sole nella linea equatoriale, subiscono una gran dilatazione calorifica in tutte le loro molecole, tanto che ne siegue benanche la dilatazione del volume. Però tal dilatazione calorifica non è sufficiente a produrre in quelle falde di aria una decomposizione chimica; quindi essa si propaga alle falde susseguenti, le quali, siccome ricevono pure una bastante dilatazione dai raggi poco obliqui di cui son colpiti, non possono prestare l'antagonismo conveniente. Tale antagonismo incominciassi a trovare negli strati più lontani, dove l'aria incomincia ad essere più densa nelle mole-

cole; e l'antagonismo vero della dilatazione massima che accade all'aria sotto l'equatore, trovasi propriamente nei poli, dove l'aria atmosferica, senza punto cangiar natura di molecole, è sensibilmente più densa: dal che hanno origine tutte quelle frequenti aurore boreali, e quella continua luce elettrica che colà si rinviene. — Sul suolo poi della stessa linea equatoriale si dee benanche ritrovare un proporzionale antagonismo di restringimento per compensare la dilatazione calorifica dell'aria. Sarebbe inutile ricercare lo stato di antagonismo sugli strati più esterni di quel suolo, perocchè essi soggiacciono alla comune dilatazione, ricevuta e modificata secondo la loro speciale natura. Ma gli strati più profondi debbono essere assai più densi, che non son quelli di tutti gli altri luoghi, sui quali l'aria soffre una minore dilatazione calorifica. Gli scavi sotto la linea equatoriale potrebbero confermare questa dottrina.

Ma, allorchè il calorico dà origine alle combinazioni chimiche della combustione, la dilatazione ed il restringimento accadono in tutt'altra guisa. In tal caso, decomponendosi le molecole, e formandosene altre totalmente nuove, ne nascono di una densità ben forte, ne nascono di una densità molto minore. Allora ne risultano i composti binarii, ternarii, ec. allora ne risultano gli acidi, i sali, ed in generale tutti i corpi composti. Allora, se si forma una sufficiente quantità di molecole gassose, si veggono tosto salire in su a forma di una colonna da sopra il corpo che soggiace alla combustione; o se la colonna gassosa avrà forza di dare all'aria circonvicina quel tale movimento che in appresso chiamerò *luce*, allora apparirà la fiamma. Nello stesso tempo si formano altre molecole più dense, che sono appunto gli ossidi, e tutte le specie di sali che restano come residui della combustione. Nella colonna gassosa infiammata vi ha la dilatazione massima, negli ossidi e nei sali residui vi ha in antagonismo la massima condensazione.

§ 58 *Della dilatazione calorifica e restringimento antagonistico, che succedono nei tre coni della fiamma.*

Cade qui in acconcio parlare delle osservazioni fatte da Davy sui tre coni sovrapposti, che compongono qualunque fiamma. Il primo cono è più oscuro ed ha pochissima forza calorifica, talmente che vi son corpi che possono benissimo starvi dentro, senza affatto accendersi. Il secondo cono è propriamente il cono lucido; in esso la forza calorifica è assai maggiore di quella che non è nel primo cono, pure non è tanta, quanta è nel terzo. Quest'ultimo, ch'è pure men lucido, ma non oscuro quanto il primo, contiene il massimo della forza calorifica.

Siegue da ciò, che la massima dilatazione molecolare si trova nel terzo cono, la minima nel primo; intanto il residuo della combustione, sul quale si trova la fissazione dell'ossigeno, è nel primo cono, dove la dilatazione è minima. Il massimo della dilatazione pertanto si trova sul terzo cono, perocchè in esso non deve accadere nessun' antagonismo di condensamento: ivi perciò la forza dilatatrice si manifesta in tutta la sua energia. Il cono medio, ch'è il più lucido, si trova tra i due opposti, tra una somma dilatazione e tra un corrispondente condensamento: per tal ragione esso è più adatto a produrre le vibrazioni lucide. Del che discorrerò in appresso.

Una cosa singolare, la quale anche si può determinare a priori, nel fenomeno della fiamma si è, che l'ossigeno viene assorbito, non mai per mezzo del secondo, nè per mezzo del terzo cono, ma solamente per mezzo del primo, cioè del cono oscuro; nel quale perciò vi ha la doppia corrente contraria, della colonna gassosa infiammata la quale si sprigiona dal corpo bruciante e si eleva in alto, e la corrente dell'aria alla quale vien rapito l'ossigeno, e questo vien fissato sullo stesso corpo bruciante.

La verificazione di questo fatto si può ottenere facilmente, mettendo una candela accesa dentro un vase chiuso per ogni parte, che abbia un solo foro dalla parte di sopra, nel quale si deve far'entrare la sola colonna della fiamma sino al semplice cono lucido. Dopo un certo tempo, esaurito che sarà tutto l'ossigeno dell'aria racchiusa nel vase, la candela abbasserà e renderà più esile la sua fiamma, affinchè possa per quell'unico foro aver passaggio nuova aria, per recarle l'alimento di altro ossigeno. E se si avrà l'accortezza di fare il foro sì piccolo e di collocarvi la candela in tal modo che, per quanto la fiamma possa abbassarsi o rendersi esile, sempre l'ampiezza tutta del foro sarà investita dal solo cono lucido, allora si vedrà che, esaurito tutto l'ossigeno dell'aria contenuta nel vase, la fiamma si smorzerà. Ma se il cono oscuro potesse continuamente ricevere nuova aria per mezzo del foro, la fiamma non si smorzerebbe mai.

Ciò serve a dimostrare, che nell'atto della combustione fiammifera la corrente gassosa parte dalla base del cono oscuro, passa nel cono lucido, indi si avvanza nel terzo cono, e di là si dirige sempre verso l'alto; al contrario, la corrente dell'aria viene da sotto la base o a livello della base del cono oscuro, e decompendosi l'aria, tosto l'ossigeno si fissa sul corpo bruciante che ivi stà.

Da ciò si può intendere e spiegare quel fatto, che quando si dirige a bella posta la corrente d'aria con un mantico o con un soffiello sopra il cono lucido, o sopra il cono più alto, non si ottiene l'effetto dello accrescimento del calorico; anzi se la corrente d'aria opera a lungo e con molta energia in una di tali direzioni, la fiamma si smorza. Al contrario, se la corrente d'aria si dirige sulla base del cono oscuro, e propriamente sul corpo bruciante, la combustione si raddoppia, la fiamma diventa vivissima, il calore per tante volte più intenso.

CAPO IV.

DEL CALORICO PRODOTTO PER MEZZO DEL PASSAGGIO
DEI CORPI DA UNO STATO AD UN ALTRO.

§ 59 *Si rifiuta l'ipotesi del calorico latente adoperata a spiegare le apparizioni o disparizioni repentine del calorico nel passaggio dei corpi da uno stato ad un altro.*

I Fisici si veggono assai imbarazzati, allorchè son costretti dar conto degl'innalzamenti o degli abbassamenti di temperatura, che avvengono nei passaggi dei corpi da uno stato ad un altro. In generale tutti i corpi, che da uno stato più solido passano ad uno stato men solido, o dal solido al liquido, o dal liquido allo stato di vapore o di gas, presentano quasi costantemente l'abbassamento della temperatura: nei quali casi i Fisici sogliono dire, che vi abbia dissimulazione o assorbimento di calorico, in altri termini *calorico latente*. Al contrario, tutti i corpi che dallo stato di gas o di vapori passano allo stato liquido, ovvero dal liquido al solido, dal meno solido al più solido, innalzano pur sempre la temperatura dei corpi circonvicini: nei quali casi dicono i Fisici il calorico latente rendersi improvvisamente manifesto.

Nella seguente Sezione combatterò di proposito l'ipotesi del calorico latente. Per ora mi contento riflettere, che essendo una delle principali proprietà del calorico il dover dilatare i corpi nei quali esso penetra, non vi ha ragione alcuna a doversi nascondere tutte le volte, che i corpi dallo stato più denso passano allo stato meno denso. E viceversa, non vi sarebbe ragione a doversi manifestare tutte le volte, che i corpi passano dallo stato meno denso allo stato più denso. Parrebbe così, che la sostanza calorico tenesse una condotta irregolare ed arbitraria; poichè da principio essa penetrando in un corpo.

ne dilata il volume e le molecole : quando poi vi si è accumulata sufficientemente, tosto si dimentica della sua natura, e più non produce gli effetti della consueta dilatazione in proporzione della sua quantità, anzi si nasconde tostamente ; e non solo non dilata più il corpo sul quale si trova accumulata, ma nemmeno qualunque altro corpo che vi si avvicini : diventa insomma come se più non fosse.

§ 60 *Vera ragione del calorico che si manifesta , e di quello che sparisce nel passaggio dei corpi da uno stato ad un altro, — principalmente per causa chimica.*

Le difficoltà svaniscono tutte, per poco che si considera il calorico non essere una sostanza, ma la medesima dilatazione molecolare che subiscono i corpi. Laonde non accade mai dilatazione senza l'antagonismo del restringimento, nè accade restringimento senza l'antagonismo della dilatazione. Quando un corpo passa dallo stato solido allo stato liquido, o dal liquido allo stato gassoso, non è una sostanza chiamata calorico la quale si occulta ; egli è che siccome tal corpo passa da uno stato all' altro in virtù di una maggiore dilatazione, deve questa dilatazione esser compensata a spese di tutti gli altri corpi che lo avvicinano, i quali perciò manifestano in antagonismo lo stato di restringimento. Ecco perchè vi ha abbassamento di temperatura ogni qual volta un corpo si rende men denso. E per la ragione opposta vi ha innalzamento di temperie, ogni qual volta il corpo passa dallo stato di minore densità ad uno stato più denso, perocchè il condensamento si fa a costo dei corpi convicini i quali si dilatano.

I corpi passano sovente da uno stato ad un altro per ragione chimica : allora alcune molecole si decompongono, ed altre se ne formano in diverse proporzioni, più dense alcune, altre meno dense. Accadono però alcune operazioni chimiche, nelle quali non vi ha nè innalzamento nè abbassamento di temperatura in modo assai sensibile (§ 53) : allora tanta è la somma

delle dilatazioni in alcune molecole, quanta è la somma dei restringimenti in altre: perciò un mutuo compenso: i termometri non segnano variazione di temperatura. Ma per ordinario nelle combinazioni chimiche supera o la somma dei restringimenti, o la somma delle dilatazioni molecolari: nel primo caso la temperie si abbassa, nel secondo s'innalza.

La spiegazione dei sopradetti casi è naturale, niente sforzata, tostochè si concepisce, che l'innalzamento o l'abbassamento di temperatura segnato dai termometri corrisponde all'effetto di dilatazione o di restringimento, che in essi producono i corpi soggetti al chimismo. Non è il calorico un corpo reale che parte dal vase nel quale succede la combinazione chimica, per intromettersi nella colonna del mercurio ed elevarla; neppure una sostanza calorica si parte dalla colonna del mercurio per passare nel vase dove si effettua l'operazione chimica, allorchè vi ha abbassamento di temperatura e manifestazione di freddo. Il termometro nessuna sostanza perde, nessuna sostanza acquista, sia ch'esso si abbassi, sia che si elevi.

Quando le sostanze, che si combinano chimicamente fra loro, producono nella loro totalità una somma di dilatazione molecolare maggior di quella ch'essi avevano pria di cominciare il loro chimismo, è mestieri che siffatta somma di dilatazione si propaghi sui corpi circostanti, e tra gli altri dove pure risentirla la colonna del termometro. Il contrario avviene allorchè le sostanze, che si combinano chimicamente, producono una dilatazione calorifica minore di quella ch'esse avevano separatamente prese; poichè in tal caso i corpi circostanti fanno lo stesso in corrispondenza. Se però la somma della dilatazione e quella del restringimento sotto l'operazione chimica si compensano in tal maniera, che nella totalità non vi ha nè accrescimento nè decrescimento allo stato precedente, allora il termometro dovrà per necessità rimanere allo stesso grado. Dimostrerò a suo luogo, che le dilatazioni ed i restringimenti molecolari si comunicano da un corpo ad un'al-

tro non sempre nelle stesse proporzioni, ma secondo la rispettiva capacità, la quale è proporzionale alla densità delle rispettive molecole.

§ 61 *Ragioni per le quali il compenso antagonistico della dilatazione calorifica talvolta è lontano, talvolta è immediato.*

La stessa riflessione, che io feci sopra (§ 57), potrà qui essere riprodotta: se ogni dilatazione calorifica si compie necessariamente a spese di un altro corpo che si deve restringere in proporzione e viceversa, seguir ne deve, che quante volte dall'operazione chimica risulta una somma di maggior dilatamento, i corpi circostanti, e tra essi il termometro, debbono per antagonismo restringersi; e al contrario, debbono dilatarsi, allorchè per effetto della combinazione chimica ne risulta una somma minore di dilatazione. Ma questo non è sempre conforme alla esperienza.

Rispondo ora in un modo più esteso di prima. L'antagonismo tra lo stato di dilatazione e quello di restringimento dipende da una legge necessaria a priori, come mostrai nel § 18. Ma non sempre tale antagonismo si deve manifestare dentro determinato spazio e nel solo circuito dei corpi soggetti alla nostra esperienza, anzi è necessità, che alcune volte l'antagonismo succeda tra masse grandiose e distanti, che alle volte accada sovra corpi non soggetti ai nostri sensi, che talvolta sopra uno stesso corpo si faccia sordamente il mutuo compenso tra le dilatazioni provenienti da una linea ed i restringimenti provenienti da un'altra. È necessario però indagare in quali circostanze e sotto quali leggi l'antagonismo suindicato si deve mostrare prestamente ed in corto spazio, in quali altri non si deve, nè si può mostrare così.

L'osservazione giornaliera c'istruisce, che i varii corpi non conducono allo stesso modo il calorico: alcuni sono più conducenti, altri meno. Di ciò si dovrà parlare nella Sezione III. I corpi men conducenti son quelli che men si prestano a pro-

pagare la dilatazione calorifica ricevuta; all'opposto, i più conducenti la propagano tutta quanta, o quasi tutta, con molta facilità.

Avviene il caso, che un corpo si trovi circondato da una massa, la quale soggiace ad una repentina dilatazione calorifica: allora ne siegue, che la detta massa, dilatandosi a spese dei corpi circonvicini, produce nel corpo da essa circondato un subitaneo restringimento, il quale si manifesta con tutti i segnali contrarii alla dilatazione calorifica, cioè coi segnali del freddo. — La medesima massa dalla parte esteriore trovasi immersa anch'essa in un circuito di corpi, che l'abbracciano da ogni parte. Or, quando essa entra nella dilatazione calorifica, quei corpi, che la circondano, non presentano nessun segno sensibile di restringimento, attesochè la porzione di restringimento, che ad essi toccherebbe per ragione di antagonismo, viene ben tosto compensata dai corpi susseguenti, e così distrutto in istrato l'antagonismo propagandosi, l'effetto del restringimento non è immediato, nè sensibile.

§ 62 *Primo esempio di antagonismo immediato: congelazione dell'acqua per mezzo dello scappamento rapido dell'etere. — Si confuta la spiegazione dei Fisici, che sostengono la sottrazione di calorico fatta dall'etere all'acqua.*

Per dare un'idea di ciò, mi servo primieramente di uno importante esempio. Si sa, che ripieno un vase metallico di acqua, ed immersolo dentro un'altro vase di etere diligentemente chiuso, appena si aprirà un buco per fare che scappi l'etere; tosto l'acqua contenuta nel vase metallico si troverà gelata. — I Fisici, supposto che il calorico sia una sostanza, per ispiegare questo fatto dicono, che l'etere, per doversi subitaneamente dilatare nella sua scappata, sottrae o ruba all'acqua contenuta nel vase quel tanto di calorico che la teneva nello stato liquido, parlocchè l'acqua passa allo stato di congelazione. — Ma siffatta spiegazione è ripugnante per tutti

i versi, e contraddice tutti i principii e le ipotesi ammesse concordemente dai Fisici medesimi per sostenere la sostanzialità del calorico.

Prima di tutto l'acqua, secondo dicono essi Fisici, contiene sempre una quantità di calorico latente; perciò nel caso che l'etere le addimandi una determinata dose di calorico per dilatarsi, perchè non supplisce col suo calorico latente, invece di dover cangiare stato per mancanza di calorico?

In secondo luogo l'acqua gelata, secondo gli stessi Fisici, contiene una maggior quantità di calorico latente, che non contiene l'acqua liquida. Infatti, se si mescola una parte di ghiaccio alla temperatura 0° , ed una parte d'acqua bollente a 100° C. il risultamento non è, come sembrerebbe dover'essere, una temperatura di 50° , ma una di 63° in circa; perlocchè i Fisici dicono, che i 13° di calorico soverchiente sono latenti nell'acqua gelida, o dopo il mescolio si manifestano. Ciò posto, è chiaro, che se l'acqua dovesse somministrare all'etere una determinata porzione di calorico per potersi quello espandere, non dovrebbe, oltre alla perdita fatta, occultare altri 13° di calorico per divenire gelida. Forse l'acqua, temendo del furto di calorico che le deve esser fatto, ne nasconde una porzione per sua riserba?

Finalmente per qual ragione, io dico, l'etere deve sottrarre all'acqua cotanta quantità di calorico? — Si risponde: perchè esso deve dilatarsi. — Ma chi lo costringe a dilatarsi? Noi sappiamo tutti, che il calorico è quello che dilata il volume dei corpi: dunque la dilatazione dell'etere dovrebbe essere l'effetto del calorico spontaneamente venutogli dall'acqua, e non dovrebbe viceversa esser la cagione per cui l'acqua è obbligata cedere all'etere il suo calorico.

Si dirà: l'etere ha pel calorico una maggiore affinità, che l'acqua non ha; perciò esso lo rapisce a quella. — Ma, nel mentre che il vase dell'etere si trova chiuso, perchè non lo rapisce? perchè l'etere non isviluppa la forza della sua maggiore affinità? Bisogna dunque che l'etere si trovi uno spazio

aperto, affinchè incominci a sottrarre calorico dalla massa dell'acqua: ed in tal caso, non è il calorico da esso tolto all'acqua che lo fa dilatare, ma sottosopra, è la dilatazione già succedente, che lo fa divenire ladro del calorico a danno dell'acqua. Colla qual cosa si verrebbe un'altra volta a scambiare la causa coll'effetto, e l'effetto colla causa.

In ootal caso si dovrebbe prima definire, se è il calorico che dilata i corpi, ovvero se i corpi per forza propria dilatandosi assorbono il calorico. — Ma njuno dei Fisici dice, che la dilatazione non sia effetto del calorico, perchè tutte l'esperienze sembrano ciò confermare: resta dunque in tal supposizione, che l'etere non si dilata, nè sottra il calorico all'acqua per forza propria; ma all'opposto, il calorico che si parte dall'acqua v' a dilatare l'etere, tostochè se ne presenta la commodità per la repentina apertura del vase che lo contiene. E così bisognerebbe supporre, che l'etere avesse per lo calorico maggiore affinità dell'acqua. Ecco nuovamente in conflitto le due affinità tra acqua ed etere per disputarsi una determinata quantità di calorico. Ed eccoci nuovamente ricaduti nella contraddizione antecedente; imperocchè abbiamo già detto, che l'acqua nel congelarsi dissimula circa 13° del calorico che essa aveva allo stato liquido; laonde sarebbe una contraddizione il pensare, che l'acqua, la quale ha tanta forza di affinità da fare una riserba ed una dissimulazione di calorico per sè, debba cedere altrui una dose ulteriore di calorico.

§ 63 *L'ere ragioni per le quali la scappata dell'etere, essendo rapida, produce la congelazione dell'acqua; essendo lenta, non la produce.*

Ma se il calorico non è sostanza, se il calorico non è altro che la sola e semplice dilatazione molecolare (§ 40), ne siegue, che per dilatarsi rapidamente l'etere è necessario un subitaneo restringimento in antagonismo. L'etere tiene dentro di

sè un vase metallico, il quale per tutta la sua superficie deve risentire il restringimento massimo di densità molecolare. Il vase metallico contiene una massa di acqua : questa deve necessariamente corrispondere al restringimento avvenuto nel vase che la contiene. Nessun'altro corpo può compensare con una equivalente dilatazione quel restringimento che soffrono il vase e l'acqua, poichè essi da ogni dove son circondati di solo etere, il quale si dilata. Il metallo, la cui molecola è assai più densa ed assai meglio sistemata della molecola dell'acqua, sosterrà un forte restringimento senza perciò cangiare stato : l'acqua, restringendo anch'essa in proporzione la sua densità molecolare, dovrà cambiare stato, e si troverà gelida.

Questo fenomeno non si avvera, allorchè lo scappamento dell'etere non è rapido : non ostante ciò, l'acqua sempre diminuisce di gradi nella temperatura. L'etere dalla parte interna è in contatto col vase dell'acqua ch'esso circonda, dall'altro lato, cioè dalla superficie esterna, si trova in contatto col vase metallico entro cui è contenuto, e per mezzo di esso è in relazione coll'aria atmosferica. Ora, il compenso in antagonismo alla dilatazione che prende l'etere deve esser fatto da entrambi i lati : se la dilatazione è rapida, la superficie del vase che racchiude l'etere, non che la superficie del vase che racchiude l'acqua, devono in pari tempo soffrire un restringimento, in proporzione della loro rispettiva grandezza ed estensione; ed allora il restringimento, che soffre il vase contenente l'acqua, è tanto che basta a congelarla.

Ma quando l'etere scappa lentamente, si avvera un caso diverso : il vase che contiene l'etere atà in contatto coll'aria atmosferica, e dovendo corrispondere col suo antagonismo alla dilatazione del suo contenuto, trova prestamente un compenso nella gran massa aerea : quindi la resistenza all'antagonismo da questo lato, è minima. Al contrario, l'acqua, che è contenuta in un vase circondato di solo etere in dilatazione, offre una resistenza fortissima a prestare il suo antagonismo, perocchè essa in prestarlo non trova compenso in verun altro corpo,

e deve a forza passare allo stato di congelazione. Succederà dunque la lenta scappata dell'etere appoggiandosi a due antagonismi di restringimento, l'uno di resistenza minima da parte della gran massa aerea, l'altro di resistenza massima dalla parte dell'acqua chiusa nell'interno. Tra i due, è chiaro doversi più prestare l'antagonismo di resistenza minima, anzichè quello di resistenza massima. E siccome il fenomeno succede con lentezza, perciò l'aria atmosferica ha sempre il tempo successivo sufficiente per poter di falda in falda compensare il restringimento, ch'essa soffre sullo strato che tocca il vase dell'etere; così questo strato si troverà continuamente scarico del restringimento ricevuto, e perciò sempre pronto a ricevere un novello restringimento per supplire di continuo alla consecutiva dilatazione dell'etere. Dalla parte dell'acqua non avviene così: colà a primo principio incomincia pure uno stato di restringimento molecolare per causa di antagonismo, ma siccome esso si comunica di zona in zona concentricamente, senza ricevere verun compenso da corpo esteriore, comincia ad operare in senso opposto la resistenza, e perciò l'acqua si va prestando sempre meno all'antagonismo che le compete. In tal caso la maggior parte dell'etere si volatilizza a spese dell'aria atmosferica: l'acqua soffre, è vero, un'abbassamento notevole di temperatura, ma non arriva a congelarsi.

§ 64 *Stato contrario di temperatura nei due vasi che contengono l'etere e l'acqua — Ragione di ciò.*

La cosa però più curiosa in tutti questi esperimenti si è, che le due superficie metalliche dei due vasi, uno contenente l'acqua, l'altro contenente l'etere, si ritrovano in due stati opposti di temperatura: il primo sommamente freddo, alla temperatura del gelo; il secondo assai riscaldato, alla temperatura dell'etere che svapora. Ora la scappata dell'etere operando contemporaneamente sopra i due vasi, entrambi me-

tallici, dovrebbe in ambidue destare lo stesso grado di temperatura; e se fosse vero, che l'etere per espandersi rubasse il calorico ai corpi circostanti, dovrebbe egualmente rubarlo dall'uno e dall'altro vase: perciò si dovrebbero ambidue ritrovare sotto l'approssimativa temperatura di 0°.

Ma il vase metallico che contiene l'etere, essendo in contatto coll'aria libera, non risente quasi per nulla l'antagonismo del restringimento: se lo riceve tutto la gran massa dell'aria atmosferica: perciò le pareti metalliche del vase si adattano alla temperatura medesima dell'etere che svapora. Viceversa, il vase metallico, che contiene l'acqua, deve per necessità prendere la stessa temperatura dell'acqua, la quale, soffrendo su di sè sola tutto il restringimento antagonistico, abbassa la sua temperatura e si congela.

§. 65 *Si rovescia l'esperimento, mettendo il vase dell'etere dentro il vase dell'acqua, e colla rapida scappata dell'etere non si effettua la congelazione dell'acqua.*

Se si vuole una pruova evidentissima in favore della spiegazione teoretica che ho data all'anzidetto singolare fenomeno, si può aver tostamente, rovesciando le posizioni dell'esperimento. Si metta dentro un vase con poca acqua il vase dell'etere in modo, che si possa aprire nella sommità un solo buco. Si chiuda completamente il vase dell'acqua. Avremo non già l'acqua dentro l'etere come prima, ma l'etere dentro l'acqua. Aprasi il buco, e facciasi scappare l'etere subitamente: l'acqua non resterà congelata. — Se l'etere nel dilatarsi dovesse sottrarre all'acqua la sostanza calorico ch'essa possiede, anche in questo rovesciamento di esperienza l'acqua si dovrebbe congelare, tanto più che dessa è poca: intanto non succede.

È facile il dire, che in tal caso l'aria atmosferica, la quale circonda il vase dell'acqua, le supplisca tanto calorico che basti a non farla agghiacciare. — Per ovviare a questa difficoltà

si può mettere intorno al vase, che racchiude l'acqua, un corpo non conducente il calorico: si può vestire tutto il vase di uno strato di seta, di paglia, di piume, o altro simile; così s'impedirà, che l'aria atmosferica in quel brevissimo istante in cui succede la volatilizzazione dell'etere, comunichi all'acqua il menomo grado di calorico. Ciò fatto, e ripetuta l'esperienza della rapida scappata dell'etere, si troverà della stessa maniera che l'acqua tuttavia non è congelata. Dunque non è vero, che l'acqua deve apprestare all'etere che si volatilizza tutta quella porzion di calorico, per cui essa era tenuta nello stato liquido.

In tale circostanza l'etere si dilata a spese dell'acqua, da cui è circondato il vase che lo contiene; ma siccome il vase dell'acqua è liberamente in contatto con l'aria esterna e cogli altri corpi esteriori, perciò ritrova prestamente un compenso dell'antagonismo che soffre; e l'acqua non ha affatto ragione di restringere la sua densità molecolare sino al segno di formare un gelo.

§ 66 *Secondo esempio di restringimento antagonistico immediato, che tien dietro alla dilatazione molecolare: la evaporazione e congelazione dell'acqua nel vuoto pneumatico — Si rifiutano le spiegazioni ordinarie dei Fisici.*

Un secondo fatto singolarissimo, che contraddice la supposizione del calorico sostanza, si è il seguente. Se si metterà un vase con acqua sotto la campana pneumatica, cominciata la sottrazione dell'aria, tosto si esalerà dall'acqua una quantità di vapore; e se si porrà parimenti sotto la campana una sostanza che assorbe presto i vapori aquei, come per ragione di esempio l'acido solforico, vedrassi; continuato il movimento degli stantuffi, l'acqua cessar di evaporare e ridursi in piccoli aghi di ghiaccio. — In questo caso avvengono successivamente due fenomeni interessanti; la evaporazione e la congelazione: la evaporazione; essendo una delle specie di di-

latazione, succeder deve, come dicono i Fisici, per mezzo di assorbimento di calorico; la congelazione avviene per diminuzione di calorico libero, perlocchè essa è accompagnata da dissimulazione di calorico, secondo la comune opinione di essi Fisici.

Se si ricerca la ragione, per la quale col primo movimento degli stantuffi incomincia sotto la campana pneumatica la evaporazione dell'acqua, devesi prima di tutto determinare, se quella evaporazione è prodotta da forza calorifica, oppure nò; e se è prodotta da forza di calorico, si deve determinare in qual punto sviluppisi cotal sorgente di calorico, che dilata le molecole aquee, e le converte in vapori.

Se tal sorgente di calorico esistesse nell'attrito degli stantuffi, o pure se la cagione di esso calorico fosse il vuoto formato sotto la campana, allora ne seguirebbe che, continuato il movimento degli stantuffi, ed accresciuto ancor più il vuoto pneumatico, la sorgente del calorico dovrebbe pur tuttavia continuare, anzi dovrebbe accrescere; e perciò tutta la massa dell'acqua si dovrebbe ridarre in vapori, senza mai agghiacciarsi.

È inutile il dire, che la sorgente del calorico in tal caso non esiste nè sugli stantuffi, nè nel vuoto; che la stessa acqua per causa della mancata pressione aerea incomincia a spingere in alto le sue molecole in forma di vapori; e poscia, chè essa medesima si ha cagionato una bastante perdita di calorico per causa di quei vapori, passa allo stato contrario condensandosi nella forma di aghi glaciali. È inutile, dico, ricorrere a questa spiegazione; perocchè se fosse vero, che il difetto della pressione dell'aria fosse causa dello innalzamento dei vapori e dello assorbimento del calorico, allora i vapori dovrebbero pur sempre continuare, anzi si dovrebbero accrescere; perchè proseguendo l'operazione, si toglie sempre altra aria; e nello stesso tempo i vapori sviluppati, essendo assorbiti dall'acido solforico sottostante, non esercitano veruna compressione sulla superficie libera dell'acqua: onde questa si troverebbe in condizioni sempre idonee per la evaporazione,

— Ma si dirà : essendosi sviluppati bastanti vapori , tutto il calorico dell'acqua si sarà dipartito andando coi vapori medesimi che lo assorbono a gran dose, perciò il residuo di acqua non può più evaporare per mancanza di calorico che nel caso dovrebbe assorbire. — Ma che perciò ? quel residuo di acqua, non potendosi più evaporare per mancanza di calorico, dovrebbe dunque congelarsi ? Ad effettuarsi la congelazione non è pure necessaria una quantità di calorico che deve rendersi latente ? — Le difficoltà non si evitano.

Finalmente non si deve dire, che la congelazione dell'acqua è effetto del freddo nato dal repentino assorbimento dei vapori che fa l'acido solforico. Imperocchè, se si mettono dentro qualunque campana piena di vapori un vase di acqua ed un altro anche grandissimo di acido solforico, tosto succede l'assorbimento dei vapori: l'acqua abbassa la sua temperatura, perchè la evaporazione è sempre cagione di freddo, ma non arriva mai a congelarsi. Ciò pruova, che alla congelazione dell'acqua non basta il freddo, che produce la virtù assorbente dell'acido solforico, ma è necessario che si riuniscano insieme due cose, il rapido assorbimento dei vapori, e l'accrescimento del vuoto: ognuna delle due a solo non basta a generare gli aghi di ghiaccio.

Volta, trattando la quistione della formazione della gragnuola nelle nuvole, disse che i raggi solari, nel colpire la parte superiore di densissima nube, son quasi interamente assorbiti; donde risulta, egli diceva, una rapidissima evaporazione, e da essa nasce tanto freddo da gelar l'acqua. Ma Bellani il primo fece osservare, che, quando il liquido svapora rapidamente a causa di calorico ricevuto o per irraggiamento o per contatto, eleva la sua temperatura: o in altri termini, un liquido non può nello stesso tempo ricever calorico, e raffreddarsi dippiù, senza che v'intervenga un'altra cagione. Or, quand' anche la evaporazione accadesse non per causa di calorico, ma per mancata pressione atmosferica, o per qualunque altra causa, l'acqua per solo effetto di freddo della

sua medesima evaporazione non potrebbe giammai congelarsi. La ragione è quella stessa che addusse Bellani.

§ 07 *Si spiega il fenomeno della evaporazione e congelazione dell'acqua dentro il vuoto pneumatico, — e del raffreddamento dei corpi nel medesimo vuoto.*

La vera causa della congelazione in tal caso devesi unicamente ripetere dall'antagonismo non compensato, che soffre il residuo dell'acqua, mentre si effettua l'evaporazione. Per effetto della continuata sottrazione dell'aria, quel poco che ne resta nella campana si dilata al grado massimo; la qual dilatazione dev'essere compensata dal restringimento antagonistico degli oggetti circostanti. Il vetro della campana è uno dei corpi che si presta poco a tal compenso, perocchè non è buon conduttore delle dilatazioni calorifiche, come sarà detto in appresso. L'acqua da principio devesi espandere, seguendo la legge della dilatazione a cui è sottoposta l'aria in suo contatto: quindi la evaporazione dello sue falde superiori. La base della campana, il vetro stesso, gli strati dell'acqua più profondi mentre non son giunti al punto di evaporarsi, il vase che contiene l'acqua, ed il vase dell'acido solforico prestano l'antagonismo necessario, affinchè si effettui la duplice dilatazione di aria e di acqua.

Se nella campana i vapori rimanessero fermi senza essere assorbiti dall'acido solforico, l'acqua non si congelerebbe, perocchè sulla superficie libera dell'acqua residua starebbe costantemente uno strato di vapori conservanti ognora lo stesso grado di dilatazione; e così a poco a poco l'acqua tutta ridurrebbesi in vapori, il che può vedersi per esperienza, non mettendo acido solforico sotto la campana. Ma, allorquando vi si mette quest'acido, succedono contemporaneamente due distinte sottrazioni, una di aria per mezzo degli stantuffi, l'altra dei vapori ch'erano andati a supplire il vuoto dell'aria, per mezzo dell'acido solforico che li richiama a sè. In tale stato continuando l'ope-

razione degli stantuffi, la dilatazione aerea, non supplita più da vapori aquei, cresce estremamente. Nè vi sono corpi che possono prestare il loro antagonismo a tanta dilatazione, perocchè a causa del vetro, come dissi, tutti gli operati che si fanno dentro la campana pneumatica sono isolati da tutto il resto dei corpi esterni, nè trovano in essi compenso alcuno. L'acqua sola è quella che può prestare un momentaneo antagonismo, restringendo la sua densità molecolare e passando allo stato di gelo. In questo mentre la dilatazione diverrà massima, cesserà ogni specie di compenso nei corpi ad essa sottoposti: allora sarà impossibile continuare l'operazione degli stantuffi, senza che la macchina non si spezzi.

Se si vuole di ciò una pruova, si può avere presto. Invece della campana di vetro si adopera una campana metallica, la quale per sua natura è conducente della dilatazione calorifica: si osserverà che, non ostante l'assorbimento dei vapori per mezzo dell'acido solforico, l'acqua non diverrà mai gelida, ed a poco a poco si evaporerà tutta. Imperciocchè l'ambiente esterno, che sarà in contatto colla campana metallica, presterà un mediocre compenso alla dilatazione che ivi dentro si effettua, in guisa che darà tempo all'acqua di subire una completa evaporazione. — Si deve eccettuare il caso, che il vuoto fosse fatto rapidissimamente, ed anche rapidissimo sia l'assorbimento dei vapori; dapoichè in tal caso l'ambiente esterno, altronde non assai conducente, non basta a prestare tutto il necessario compenso antagonistico, ed in punto dovendovi supplire l'acqua, sarà necessità che essa si congeli.

Dulong e Petit hanno osservato, che i corpi si raffreddano nel vuoto. Ora in qual maniera si sono certificati di ciò? Certamente per mezzo dell'abbassamento del termometro. Ciò prova che, mentre l'aria o qualunque altra sostanza fluida si dilata sotto la campana pneumatica, i corpi solidi posti là sotto, dovendo sostenere l'antagonismo, si restringono: perciò si restringe anch'essa la colonna termometrica,

e segna l'abbassamento della temperatura. Questo non accadrebbe, quando l'azione di antagonismo potesse comunicarsi alla gran massa aerea fuori la campana pneumatica, perocchè allora troverebbe in essa un largo compenso, senza che si restringessero i corpi collocati nel vuoto della campana, e senza che si abbassasse il termometro.

§ 68 *Principio generale sull'antagonismo tra la dilatazione calorifica ed il restringimento. — Ricapitolazione di questa Sezione Prima.*

Una importante conseguenza ricavo da quanto fin qui ho esposto. *La dilatazione molecolare, ossia lo stato di calorico, vien sempre compensata da un restringimento molecolare in un proporzionale antagonismo, ma con una differenza: se alcuni corpi non conducenti nè trasmettenti impediscono, che la dilatazione non si propaghi nè si trasmetta a gran distanza, allora le masse, che son più vicine al corpo che si dilata, debbono immediatamente sostenere l'antagonismo del restringimento, e segnano l'abbassamento di temperie; se però la dilatazione vien propagata o trasmessa a lunga distanza, allora il restringimento antagonistico si divide a grandi e lontane masse, i corpi vicini soggiacciono alla medesima dilatazione calorifica, e lungi dal mostrare abbassamento, presentano elevazione di temperatura.*

Si domanderebbe: ogni volta che vi è restringimento molecolare con decrescimento di temperatura, vi è freddo? — Non sempre, perchè il freddo è una cosa relativa alla nostra sensibilità ed allo stato del nostro corpo. Di ciò sarà detto in altra Opera, allorchè tratterò della vera natura della Inner-razione.

Tre sono dunque le principali sorgenti del calorico in questa terra: una è l'*attrito*, ossia il movimento di un corpo su di un altro, nel quale essendovi momentanea adesione e momentanea separazione di molecole con molecole, ne siegue

un continuato stiramento molecolare ora per un verso ora per un altro; e propagandosi questo a poco a poco di falda in falda, si manifesta compiutamente la dilatazione calorifica, la quale può arrivare sino al grado di dar nascita alla luce ed alla produzione degli effetti chimici. La seconda sorgente, che è più vasta, è quella delle *operazioni chimiche*, la quale denotasi sotto il nome generale di *combustione*. La terza sorgente è quella del *passaggio dei corpi da uno stato ad un altro*, perocchè il restringimento o la dilatazione molecolare si seguono con immediato antagonismo sopra i corpi vicini tutte le volte, che per una causa impediante o l'uno o l'altra non possono estendersi a grandi distanze per avere un lungo e lento compenso.

I fenomeni termo-elettrici si possono ridurre ad una delle tre sorgenti di calorico testè esposte, o alla loro contemporanea operazione, come dimostrerò a suo luogo.

L'uomo talvolta col più piccolo attrito di un corpo contro un altro, p. e. della pietra focaja contro l'acciajo, dà principio alla dilatazione calorifica, la quale sviluppa la combustione e trae seco una lunga catena di operati chimici, per mezzo dei quali si può benanche destare una gran fiamma; e se di continuo si presterà alimento alle chimiche decomposizioni, in guisa che si possa mantenere per lungo tempo la esalazione del gas lucido, la fiamma sarà viva lungamente e si distenderà benanche a spazii smisurati: e per tutto quel tempo si manterrà aperta una immensa sorgente di dilatazione calorifica, che opererà effetti consimili sopra i corpi contigui. In questo modo l'uomo può a volontà sua con piccoli mezzi aprire e mantenere a lungo immense sorgenti di calorico.

SEZIONE II.

DEL CALORICO SPECIFICO.

§ 69 *È necessaria la differente capacità dei corpi per lo stato di calorico.*

Posto per base, che il calorico non sia *corpo*, ma solamente lo stato di dilatazione molecolare dei corpi (§ 40), ne siegue per immediato corollario che, quando si dice i corpi aver diversi gradi di capacità per lo calorico, tali espressioni corrispondono a quest'altre: 1° I corpi non tutti sono suscettivi dello stesso grado di dilatamento molecolare senza cangiare natura; 2° I corpi, operando su di altri corpi, non producono in tutti la stessa dilatazione molecolare.

La prima proposizione, equivale a quest'altra: I gradi di dilatamento di un corpo sono corrispondenti ai gradi della densità molecolare, ed alla disposizione numerica dei componenti. Perciò, essendo varia la densità, e varia la disposizione numerica delle parti primitive (§ 7, 9, 10, 15), varia eziandio dev'essere la capacità dei corpi per la dilatazione, ossia per lo calorico. — Sotto questo aspetto la specificità del calorico non è un semplice caso sperimentale che costituisco un'eccezione alla legge generale, esso è voluto dalla necessità a priori, è voluto dalla necessaria eterogeneità della densità molecolare. Perciò si è potuto facilmente dall'esame delle diverse capacità per lo calorico arrivare alla conoscenza dei *psi atomici* dei corpi: del che favellerò più sotto.

La seconda proposizione discende necessariamente dalla prima; imperocchè, essendo varia la capacità dei corpi per la dilatazione molecolare, ne siegue che un corpo, arrivato ad un determinato grado di calorico, operando su di un altro di diversa densità, non può dilatarlo allo stesso grado: la ri-

sultante della dilatazione calorifica sarà proporzionale alla ragione composta della forza calefaciente, e della capacità del corpo che devesi riscaldare.

CAPO I.

LA DIVERSA CAPACITA' DEI CORPI PER LO CALORICO
PROVA, CHE DESSO NON È UNA SOSTANZA FLUIDA
IMPONDERABILE.

§ 70 *Mescolati insieme corpi di diversa densità, ne risulta una temperatura non proporzionata ai detti corpi separatamente presi — Esempio del miscuglio di acqua e mercurio — Tre spiegazioni date ad un tal fenomeno nella supposizione che il calorico fosse una sostanza imponderabile.*

Negata l'esistenza di un fluido imponderabile, chiamato calorico, si tolgono contemporaneamente tutte le difficoltà e tutti i ripieghi futili, che sinora si sono presentati nella spiegazione di quei fenomeni, che inducono ad ammettere nei corpi diversi gradi di calorico specifico.

È notissimo, che messi a contatto corpi diversi, a gradi differenti di calorico, e restituitosi tra loro l'equilibrio di temperatura, non ne risulta mai un grado comune, proporzionale a tutti i diversi gradi riuniti. — Prendo il conosciuto esempio dell'acqua che si unisce al mercurio. Mescolandosi due libbre di acqua alla temperatura di 34° R. con due di mercurio a 0° , ed arrivando essi corpi a temperie uguale, questa sarà a un dipresso 33° R. Perciò l'acqua si abbassa di 1° , alzando il mercurio a 33° .

Da ciò primieramente si suol conchiudere, che la capacità del mercurio per lo calorico è 33 volte minore di quella che ha l'acqua per lo stesso. — In secondo luogo, supposto che

il calorico sia un corpo imponderabile, si domanda : siccome il mercurio da 0° è salito a 33° , mentre l'acqua non ha perduto del proprio che un solo grado di calorico, gli altri 32° di calorico, dei quali si trova investito il mercurio, dove erano ? e come non si facevano conoscere prima del mescolamento ?

Si è risposto in tre modi. Alcuni ricorrono alla teoria di Black, dicendo che i 32° di calorico, i quali si presentano repentinamente nel mercurio dopo di essersi mescolato con l'acqua, si trovavano per lo innanzi in esso mercurio allo stato occulto, ovvero *latente* : cioè, esisteva ben vero nel mercurio quanto sarebbe stato bastevole per innalzarlo a 32° , ma non si manifestava a nessun termometro, e perciò non era sensibile. Secondo costoro, il calorico dallo stato di *latenza* passa allo stato di *manifestazione*.

Altri ricorrono alla teoria del *calorico combinato* dicendo, che pria di riunirsi l'acqua col mercurio, il calorico si trovava combinato e neutralizzato, per così dire, colle molecole del mercurio; mediante però l'aggiungimento dell'acqua alla temperatura di 34° R. si è avverato lo scioglimento di quel calorico in combinazione il quale, sprigionatosi, è rimasto libero e sensibile agli stromenti termometrici.

Altri finalmente, ammettendo soltanto che la capacità del mercurio per lo calorico sia rispetto alla capacità dell'acqua come 1 : 33, portano innanzi una diversa spiegazione del fenomeno. Imperciocchè, secondo loro, quella stessa quantità di calorico, che nell'acqua produrrebbe l'innalzamento di 1° R. nel mercurio produce la elevazione di 33° R.

§ 71 Si confuta la prima spiegazione.

Le tre preaccennate risposte son soggette a difficoltà gravissime, anzi insuperabili, per causa della falsità della ipotesi di cui son figlie, cioè della ipotesi che il calorico sia un fluido, una sostanza imponderabile. — E primieramente, non vi

104 LIBRO I, SEZIONE II, CAPO I.

ha ragione di dire, che debba esistere un *calorico latente*, anzi vi ha ragione tutta in contrario.

Noi distinguiamo il calorico a quello speciale riguardo, che esso produce dilatazione di volume nei corpi: non voglio parlare dell'altro effetto che producesi da un calorico più forte, cioè la *combustione*. Ora il calorico latente pertanto vien chiamato così, perchè non cagiona dilatazione di volume. Mancato dunque il principale carattere, la cui mercè si riconosce e si distingue il calorico, come se ne può assorire l'esistenza? — Nulla giova il dire, che desso è *latente*, e quindi non si rende sensibile ai nostri stromenti. Noi possediamo corpi estremamente dilatabili, e perciò sensibilissimi ad ogni menomo grado di calorico. Per altro, quello stesso termometro, il quale in questo momento non risente l'azione dei sopradetti 32° R. di calorico occultato nel mercurio, al momento di appresso, fattosi il mescoligio di detto mercurio coll'acqua a 34° R. lo risente in un modo assai sensibile. Perciò non se ne può attribuire il difetto al termometro. — Resta soltanto, che la ragione di tale occultazione di calorico risegga nella natura del mercurio medesimo. Perciò i sostenitori del calorico latente sogliono ricorrere alla seconda teoria, a quella che suppone il calorico combinato colle molecole del mercurio, e per effetto di tal combinazione divenuto insensibile: distruttasi cotale combinazione per mezzo dell'aggiungimento dell'acqua a 34° R. il calorico diviene libero, e perciò si manifesta.

§ 72 Si confuta la seconda spiegazione.

Ma non è affatto ammissibile questa seconda supposizione, che il calorico prima si trovi nello stato di combinazione, e poscia passi a quello di libertà. Si sa da tutti i Chimici, che una sostanza allora si scioglie da un'altra, quando o essa, o quella con cui era combinata, deve andare a combinarsi con altra sostanza, colla quale ha maggiore affinità. Tutte le combinazioni chimiche dimostrano questa verità ad ogni momen-

to. — Or, secondo i sostenitori del calorico combinato, ognuno dei corpi ha più o meno un'affezione per lo calorico, poichè non vi è corpo che non abbia per esso una determinata capacità. Ciò posto, il calorico non dovrebbe mai restare libero, ma dovrebbe sciogliersi da un corpo per combinarsi con un altro per causa di una maggiore affinità. — L'acqua ed il mercurio non producono tra loro nessuna combinazione chimica, ma soltanto un miscuglio: perciò non si può dire, che per effetto della loro reciproca combinazione il calorico, disciolto da quella sostanza che prima lo intratteneva, si trovi passato allo stato di libertà. Molto meno si può dire, che una sostanza lo rapisca all'altra per impossessarsene e per combinarsi, mentre i 32° di calorico che, secondo tal supposizione, dovevano essere combinati col mercurio, tosto che questa sostanza se ne dismette, non vanno a combinarsi coll'acqua, ma restano allo stato libero e manifesto.

Forse si potrà pensare, che la ragione di equilibrio delle temperature esigge, che il mercurio lasci sprigionare il suo calorico, affinchè si metta in eguaglianza col calorico libero che è nell'acqua. — Ma questo stesso conferma la dottrina contraria. Imperocchè, non potrebbe sussistere la legge di equilibrio delle temperature, se il calorico si trovasse veramente in combinazione coi corpi. Le combinazioni elementari sono sempre costituite di un numero preciso di parti, e perciò nelle loro variazioni cangiano sempre secondo alcune proporzioni fisse, secondo la maggiore o minore affinità che hanno fra loro le parti stesse. In conseguenza il mercurio aver gradi determinati di affezione per lo calorico, e dovendolo abbandonare, non può abbandonarlo in tutte le misure ed in tutte le proporzioni. Da ciò siegue, che l'equilibrio di temperatura tra l'acqua ed il mercurio non potrebbe effettuarsi in tutte le proporzioni, ma sotto misuro determinate e corrispondenti: questo però è contrario all'esperienza, la quale dimostra, che il detto equilibrio di temperatura avviene in qualunque proporzione.

Arroge, che il cennato equilibrio in cosiffatta supposizione nascerebbe unicamente dalla eguale distribuzione del calorico rimasto libero. Or, siccome una sostanza non è lasciata mai libera, se la forza di affinità non si sia pienamente saturata, perciò per restare calorico libero dovrebbero prima soddisfarsi tutte le tendenze, che ha per esso il mercurio: o in altri termini, non potrebbe mai il mercurio esser costretto a dismettere una quantità di calorico colla quale si trova combinato, per non doversene approfittare nessun altro corpo, e per rimanere libero.

In ultimo il fatto del *calorico raggianti* prova l'impossibilità della esistenza di un calorico combinato. I Fisici ammettono, che il calorico può partire da un punto, e passare tutto quanto in un altro punto distante, senza affatto manifestarsi lungo il mezzo del passaggio. Or, qualunque sia il mezzo, ha sempre una tendenza a combinarsi col calorico: imperocchè i Fisici sostenitori di tal'ipotesi trovano calorico combinato in qualunque sostanza. Dovrebbe dunque il mezzo approfittarsi di tanti gradi di calorico, quanti sarebbero bastevoli per la sua completa saturazione; e se ne rimanesse ancora, quello soltanto dovrebbe trasmettere nello stato di libertà. Ma allora il cammino del calorico non sarebbe per modo d'irradiazione, sarebbe per una progressiva saturazione: cosa totalmente contraria alla natura del calorico raggianti.

§ 73 Si confuta la terza spiegazione.

Passo ora al terzo modo di risolvere la difficoltà. — Se fosse vero, che il mercurio avesse una capacità per lo calorico 33 volte minore di quella che ha l'acqua, (supponendo sempre, che il calorico fosse una sostanza imponderabile) allora seguirebbe, che posti in due vasi separati l'acqua ed il mercurio, e dato a ciascuno di essi un'eguale grado di calorico, il mercurio dovrebbe segnare 1° R. quando l'acqua segnerebbe 33° R. il che è contro l'esperienza. E seguendo

in siffatto modo, quando l'acqua si troverebbe a 99° R. cioè 19° sopra la ebollizione, il mercurio dovrebbe appena segnare 3° R. Finalmente per poter bollire il mercurio con questa proporzione dovrebbe arrivare a 2640° R. mentre è noto, che la detta sostanza bolle alla temperatura di 280° R.

Si potrà opporre, che nel mercurio la capacità per lo calorico cresce secondo i gradi della sua stessa calefazione; e perciò cominciando da 0° con una capacità 33 volte minore dell'acqua, poi vien su di grado in grado, ed acquista sempre una maggiore capacità, finchè arrivato al punto di 280° R. si trova nella ebollizione. — Sì, è vero che il mercurio, come tanti altri corpi, come il platino specialmente, cresce di capacità per lo calorico coll'avanzare di temperatura; ma questo accrescimento è conosciuto per le Tavole di Regnault, ed è un accrescimento piccolissimo. Il mercurio, secondo Regnault, da 4° a 8° R. (5° a 10° C.) ha la capacità per lo calorico come 0,0282: da 8° a 12° R. (10° a 15° C.) ha la capacità come 0,0283: da 12° a 16° R. (15° a 20° C.) ha la capacità come 0,0290. Laonde nel salire da 4° sino a 16° R. esso non cresce in capacità che di soli $\frac{8}{10000}$. Ascendendo

con una tale proporzione sino a 280° R. non si può mai ripianare la enorme differenza di 33° di capacità per lo calorico, che si dice l'acqua avere più del mercurio. Ciò prova, che non è niente vera la spiegazione, che si dà al fatto di su riportato per mezzo della capacità del mercurio 33 volte minore di quella dell'acqua.

§ 74 *Ragione vera del fenomeno.*

Consideriamo però il calorico nel giusto suo valore. — Il calorico paragonabile non è una sostanza reale, ma è un semplice stato relativo, cioè lo stato di dilatazione ch' esercita un corpo sopra di un altro. Perciò, allorquando si osserva, che due libbre di acqua a 34° R. col perdere 1° di calorico

108 LIBRO I, SEZIONE II, CAPO I.

riscaldano due libbre di mercurio sino a 33° R. null'altro accade in realtà se non questo: restringendosi di 1° la dilatazione di 34° in cui si trovava l'acqua, il mercurio deve corrispondervi in antagonismo con una dilatazione di 33° . Ed avvertasi, che per riuscire tale esperimento, bisogna che l'acqua si trovi realmente elevata a 34° : perchè, se essa si trovasse p. e. a 25° , e se con un artificio qualunque le si potesse togliere 1° di calorico per darlo tutto alle due libbre di mercurio, questo non s'innalzerebbero alla temperatura di 33° . Dunque non è vero, che tanto calorico, quanto basta per elevare l'acqua di 1° , sia sufficiente per innalzare il mercurio a 33° , ma ci voglion propriamente due libbre di acqua dilatate a 34° R. e poste in mescolgio con due libbre di mercurio a 0° , per elevare quest'ultimo alla dilatazione molecolare di 33° .

Per meglio intendere il fenomeno bisogna pensare a quello che veramente significa, che *tutti i corpi a poco a poco si riducono alla stessa temperatura*. Noi conosciamo l'identità della temperatura mercè l'identità di grado del termometro che fa da saggiatore. Il mercurio, o altra sostanza contenuta nel termometro, ricevono sopra di sè il dilatamento dei corpi, coi quali mettonsi a contatto; e dal grado definitivo d'innalzamento della colonna liquida noi determiniamo il grado della temperatura, che si ritrova in essi corpi. Laonde, posto per base che la temperatura altra cosa non sia, fuorchè la dilatazione relativa delle molecole dei corpi, ne siegue che questo principio *tutti i corpi tendono ad equilibrarsi in temperatura*, sia identico con quest'altro *tutti i corpi tendono a dilatare uno sull'altro le loro molecole in una tal guisa, che ne nasca l'equilibrio generale di tutti i rispettivi dilatamenti*; oppure in altri termini: *tutti gli aggregati tendono ad appoggiarsi o fermarsi l'un l'altro*; e questo significa: *tra le sostanze semplici vi è mutua azione la quale dà il risultamento di sistema ed equilibrio generale*. Eccoci sempre arrivati al nostro primo principio.

§ 75 *Com'è possibile, che i corpi tendano all'equilibrio delle temperature, mentre hanno capacità differenti per lo stato di calorico?*

Sotto il nome di *dilatazione* noi abbiamo inteso (§ 18) quel tale stato della molecola o dell'aggregato, che senza ancora sciogliere il suo preciso numero di componenti, comincia già a rarefare la sua interiore densità. Diceremmo, che la densità per necessità non può essere eguale nè tra le molecole, nè tra gli aggregati (§ 7): dal che siegue la necessaria varietà dello stato di dilatazione dei diversi corpi. Quando dunque diciamo, che tutti i corpi tendono ad equilibrio di temperatura, tendono ad equilibrio generale di dilatamenti, non vogliamo significare, che tutti i corpi, che sono in contatto, debbono rendersi egualmente densi: ciò ripugnerebbe ai principii necessari già esposti. Ma, siccome non esiste, nè può esistere vuoto assoluto, perciò ogni dilatazione dev'essere fatta a spese dei corpi contigui, gli uni dilatandosi, gli altri restringendosi nella densità molecolare: ed in questo senso succede l'equilibrio generale dei dilatamenti, il quale si può eziandio tradurre, per l'equilibrio delle temperature.

In questa guisa si comprende, che mentre le temperature dei corpi si debbono ridurre all'equilibrio fra di loro, intanto ognuno di essi corpi ha un *calorico specifico*. — Perchè un corpo dilata la densità delle sue molecole sino ad un determinato punto, non siegue che il suo convicino, per equilibrarsi con esso in temperatura, debba dilatarsi allo stesso grado. Essendo varia la densità delle rispettive molecole, può benissimo un corpo equilibrare la dilatazione molecolare di un altro, senza subire gli stessi gradi di dilatamento; oppure al contrario, per equilibrarla deve subire una dilatazione molto maggiore. Il che appunto costituisce la diversa capacità per lo calorico, ossia la diversa capacità per la dilatazione molecolare, che si suol denominare *calorico specifico*.

Riducendo tutto questo in minimi termini, dico che il calorico specifico di un corpo vien costituito dal particolare grado di dilatazione di cui son capaci le sue molecole.

La capacità che hanno i corpi per lo stato di calorico è proporzionale alla rispettiva loro densità molecolare.

Ma comunque essi si dilatino, comunque sieno densi, sempre è certo, che dai diversi dilatamenti uniti risulta un sistema generale, una somma, una totalità di dilatazioni, che costituisce l'equilibrio delle temperature.

§ 76 *Avvertenze necessarie nel dover determinare la capacità dei corpi per lo calorico mercè il metodo dei miscugli.*

L'esperimento anzidetto (§ 70) dell'acqua e del mercurio non può riuscire lo stesso, appena si cangia la natura del vase in cui si mescolano, o la quantità d'aria che deve andare in contatto col miscuglio. Imperocchè, essendo la temperatura uno stato relativo di mutua dilatazione (§ 46), tutto quello che concorre a formarla, vi prende parte secondo il grado specifico della sua naturale densità.

Siegue da ciò, che volendo determinare la capacità dei corpi per lo calorico mercè il metodo dei miscugli, fa d'uopo eziandio aver l'occhio alla natura del vase, ed alla quantità di aria che posa sopra il miscuglio. — Aggiungasi, che l'aria non è ugualmente densa in tutti i luoghi della terra, nè in tutte le stagioni dell'anno: la pressione della colonna atmosferica non è dovunque, nè aempre la stessa: ella quindi partecipa ai gradi di temperatura del miscuglio con proporzioni diverse secondo il luogo ed il tempo. La stessa temperatura dell'aria atmosferica diviene diversa, come si rende diversa la pressione: infatti il Sympiezometro di Buntén è stato appunto formato sulle relazioni, che passano tra la pressione e la temperatura dell'aria.

Ecco quante cose si debbono mettere in calcolo per misurare col metodo dei miscugli il calorico specifico dei corpi,

opure in altri termini, la capacità ch'essi hanno per lo relativo dilatamento molecolare nel venire a contatto fra loro.

§ 77 *Riflessioni sul metodo del raffreddamento adoperato a determinare la capacità dei corpi per lo calorico.*

Oltre il sopradetto metodo dei miscugli, un altro, cioè quello del raffreddamento, ne è stato adoperato da Dulong, Petit, Regnault, collo scopo di determinare le varie capacità dei corpi per lo calorico. Ma nel metodo del raffreddamento si è pure supposto, che il calorico sia una sostanza, la quale parte dal corpo che si raffredda, e passa nei corpi circonvicini: laonde si sono notate le diverse velocità che presentano i varii corpi nel raffreddarsi sotto a identiche temperature, per argomentarne in senso inverso quelli che hanno maggior forza a trattenere il calorico, e quelli che ne hanno minore — Mettendo dunque per principio, che il calorico non sia sostanza, ma solamente una determinata proporzione di dilatamento molecolare, che prende un corpo per equilibrarsi con quelli che lo circondano, bisogna intenderlo il fenomeno del raffreddamento in un senso ben diverso: bisogna dire, che il corpo, il quale si raffredda, vien grado grado perdendo la già acquistata dilatazione, finchè si riduca a quel segno che possa mantenersi in equilibrio molecolare coi corpi circostanti.

Diversi corpi, posti sotto la stessa sorgente calorifica, si riscaldano secondo la rispettiva capacità ch'essi hanno per lo calorico, cioè dilatano le loro molecole secondo la loro propria densità, numero, disposizione. Ritornando poi da un grado di calorico acquistato ad un grado minore, val quanto dire raffreddandosi, se l'ambiente persevera nelle stesse condizioni di temperie in cui si trovava prima, il raffreddamento seguirà le proporzioni stesse di densità, numero e disposizione di molecole, finchè si effettui il consueto equilibrio molecolare tra il corpo che si raffredda ed il detto suo ambiente. In tal caso dunque non vi ha sottrazione di calorico, nè latenza

112 LIBRO I, SEZIONE II, CAPO I.

o eccitazione: solamente si rifà un novello equilibrio di dilatazioni molecolari tra i corpi che sono in contatto.

Perciò accade qualche volta, che due corpi, i quali si trovano ad un grado determinato di temperatura, poichè sono uniti insieme, producono sì forte raffreddamento, che da loro non si sarebbe mai aspettato. Ne sono prova i varii miscugli frigorifici. — Come al contrario, due altri corpi ad un determinato grado di temperie, incontrandosi, producono un tale innalzamento di calorico, che il loro stato separato non dava affatto a sospettare.

Per questa stessa ragione i corpi tutti non prendono lo stesso grado di dilatazione molecolare, ma ciascuno secondo la rispettiva densità o si restringe o si dilata a sua posta, per tenersi in corrispondenza coi corpi convicini. Se ciò non fosse, tutti i corpi del mondo si ritroverebbero sotto un grado eguale di calorico, val quanto dire, le densità molecolari sarebbero tutte eguali: il che ripugna alla necessaria composizione eterogenea delle masse (§ 7, 9, 10). L'equilibrio delle temperature, secondo tal ragione, consiste in un continuo e successivo decrescimento o accrescimento di dilatazioni molecolari, da un massimo sino ad un minimo.

CAPO II.

COME DAL CALORICO SPECIFICO DEI CORPI SI ARGOMENTINO I LORO PESI ATOMICI.

§ 78 *Importanza della determinazione dei pesi atomici per mezzo del calorico specifico.*

Le ricerche però sulle diverse capacità dei corpi per lo calorico sono di grande importanza, perchè conducono a trovare i *pesi atomici*, ossia le varie proporzioni di densità

che regnano nelle differenti molecole. — Comprendendo bene la massima fondamentale, che *il calorico non è altro, fuorchè lo stato di dilatazione molecolare dei corpi* (§ 40), si capisce benanco, che il grado di essa dilatazione è mai sempre relativo alla rispettiva densità delle molecole e delle loro aggregazioni. Perciò, dalla relativa densità si possono argomentare i gradi della capacità rispettiva per lo calorico; e viceversa, dalla capacità rispettiva per lo calorico si possono dedurre i gradi della densità, i quali corrispondono ai così detti *pesi atomici*. Ecco perchè prendendo alcuni corpi in una quantità proporzionale al loro peso atomico, p. e. 201 parti di zolfo, 339 parti di ferro, 1243 parti di platino, e ministrando loro eguali quantità di calorico, siffatti corpi subiranno eguale cambiamento di temperatura.

Se le Tavole dei pesi atomici dedotti dalla capacità per lo calorico non hanno ancora acquistato la loro piena esattezza, ciò è nato da che nelle varie esperienze, fatte in varii luoghi e sotto varie condizioni di temperatura atmosferica, non si son potute avere costantemente le stesse relazioni di dilatamento tra i diversi corpi, che si sono assoggettiti alla prova. Dulong e Petit usarono la maggiore esattezza per determinare il calorico specifico dello zolfo, e di 12 metalli; indi avendo moltiplicato i numeri ottenuti per li numeri esprimenti il peso atomico di quegli stessi corpi, ebbero per prodotto dei numeri sì vicini fra loro, che le piccole differenze si potrebbero attribuire agli errori appena evitabili in sì delicati esperimenti.

§ 79 *Obbiezione di Dumas contro il metodo che determina i pesi atomici per mezzo del calorico specifico, e risoluzione proposta dello stesso Dumas.*

Dumas ha presentato una obbiezione contro questo metodo, che tende a determinare il peso atomico dei corpi per mezzo della loro rispettiva capacità per lo calorico. — La prima idea della determinazione dei pesi atomici è nata dalla teoria de-

gli *equivalenti chimici*, e delle proporzioni in cui si combinano tra loro i corpi semplici, sulla quale teoria lavorando Gay-Luzac giunse a stabilire come regola generale, che i gas, siccome sono tutti egualmente compressibili ed egualmente dilatabili, così a parità di volume aver debbono numero uguale di atomi, e perciò le loro prime combinazioni devono corrispondere al numero proporzionale dei rispettivi atomi. Per tale causa si pensò ridurre allo stato gassoso tutte le sostanze che ne son capaci; e preso l'atomo dell'ossigeno per 100, si venne a determinare, col solo paragone dei volumi, il peso atomico di esse sostanze. La Chimica dunque possedeva le Tavole dei pesi atomici formate secondo questo metodo, quando Dulong e Petit vennero all'altra idea di determinare i pesi atomici per mezzo delle capacità per lo calorico. Trovarono infatti, come dicemmo (§ 78), che i numeri, presi dalle anzidette Tavole, e moltiplicati per li nuovi numeri delle Tavole sulla capacità per lo calorico, davano prodotti che fra loro si differivano pochissimo.

Or dice Dumas, questa corrispondenza di prodotti non è sempre vera: spesso per soddisfare alla teoria degli equivalenti chimici siam costretti rifiutare il peso atomico dedotto dalla capacità per lo calorico, e viceversa. Infatti, l'atomo dello zolfo dedotto dal suo vapore dovrebbe essere eguale a 603, prendendo per 100 quello dell'ossigeno; mentre deducendolo dalla capacità per lo calorico, non comparisce che 201. Il cobalto, per corrispondere nei suoi composti ai composti di nickel di zinco ec. coi quali ha molta analogia, dovrebbe avere il peso atomico di 369; ma il calorico specifico del cobalto darebbe solamente 247. Il telluro, per le combinazioni che forma collo zolfo, dovrebbe avere il peso atomico di 802, mentre il suo calorico specifico gliene assegnerebbe uno di 407. L'argento, secondo il numero adottato da tutti i Chimici per causa delle sue combinazioni, ha 1352 per peso del suo atomo; ma per soddisfare alla legge delle capacità calorifiche bisognerebbe assegnargli 676. Perciò sembra, che in tutti questi casi si dovrebbe rinunciare o all'una o all'altra teoria.

Lo stesso Dumas ingegnasi a risolvere la difficoltà proponendo una sua ipotesi, ma non si avvanza a dare un parere assoluto. Egli si mostra disposto a credere, che la capacità per lo calorico sia veramente relativa agli atomi *fisici*, cioè alle ultime particelle dei corpi, mentre gli atomi *chimici*, che son quelli ai quali può arrivare la scienza chimica nelle sue analisi, possono talvolta avere un peso diverso da quello che si assegna al semplice atomo fisico.

§ 80 *Si riconduce la obbiezione in un altro linguaggio — Per la via del calorico specifico e per quella degli equivalenti chimici si perviene a determinare due distinti elementi, che concorrono a costituire il peso.*

Ricondotta tutta questa quistione nel linguaggio che io ho adottato, assume un aspetto ben differente.

La non corrispondenza dei pesi atomici dedotti dalle due distinte Tavole è un fatto incontrastabile. — Or, se fosse vero, che per mezzo del calorico specifico si potesse determinare il peso dell'atomo *fisico*, non saprei più qual'idea affiggere alle parole *peso atomico*. Il peso è identico con la gravità, e la gravità è risultamento dell'aggregazione (§ 28). Se si può dire sotto un qualche significato, che la sostanza semplice abbia un peso, null'altro con ciò si può intendere se non che: la sostanza semplice, come una delle azioni intransitive in continuo contatto, concorre alla formazione del composto, e perciò concorre alla formazione del peso. Parlando dunque a rigore, il peso dell'atomo fisico, ossia della sostanza semplice elementare non esiste; ed in conseguenza non può mai esser conosciuto per nessun metodo.

Il peso incomincia dalla prima composizione, cioè dalla molecola; perciò l'idea di peso è figlia dell'idea di composizione. — La composizione non può essere di omogenea densità (§ 7); perciò i diversi pesi possono provar la diversa ragione della densità molare. — La diversa densità molare è causa

dei differenti gradi di dilatazione calorifica che prendono i corpi, e perciò è causa della diversa capacità che hanno essi corpi per lo calorico (§ 69). — Dunque sottosopra, dalla diversa capacità, che i corpi hanno per lo calorico, si può argomentare la diversa densità molecolare che essi hanno; e dalla loro diversa densità molecolare si può dedurre il peso delle loro prime composizioni, il peso delle loro molecole.

Dovendo pertanto procedere alla determinazione del peso *molecolare* (1), si può tenere l'una e l'altra via, quella del *calorico specifico*, e quella degli *equivalenti chimici*. Ma l'una e l'altra strada debbono dare risultamenti relativi e non assoluti, inoltre debbono dare qualche volta risultamenti fra di loro diversi. Il peso non è una cosa assoluta, per sè esistente, o inerente ai corpi: ma è un risultamento di attrazioni, proporzionale al numero ed alla densità delle molecole. In conseguenza, per l'una o per l'altra strada si possono soltanto ricavare i rapporti di numero o di densità delle molecole, che sono due elementi da cui vien costituito il peso.

§ 81 *Per la via del calorico specifico si perviene solo a determinare i rapporti delle varie densità molecolari, — per la via degli equivalenti chimici a determinare i rapporti del numero rispettivo delle molecole.*

Siccome il calorico specifico corrisponde alla varia capacità che hanno i corpi per la dilatazione molecolare, e siccome tal capacità è in tutto proporzionale ai gradi della loro rispettiva densità (§ 69), perciò tracciando il calcolo per la via sperimentale dei gradi del calorico specifico, (quando pure si abbia tutta l'esattezza e precisione possibile) si può solamente

(1) Mi servo della parola *molecolare* invece della parola *atomico* per continuare nel linguaggio da me adottato, e per ritenere la massima or ora statuita, che il peso non appartiene ad una sola sostanza semplice, ma alla riunione di esse, cioè alla *molecola*.

pervenire alla conoscenza dei rapporti che hanno tra loro le varie densità molecolari : però la densità è uno degli elementi che concorrono alla formazione del peso. — Eccone un esempio.

Dall'anzidetto miscuglio del mercurio con l'acqua emergeva, che il primo ha una capacità per lo calorico 33 volte minore della seconda. Or questo significa, che la densità molecolare dell'acqua e la densità molecolare del mercurio stanno fra loro in tal guisa, che un semplice grado di restringimento nelle molecole dell'acqua, vien equilibrato da 33° di dilatazione nelle molecole del mercurio. Perciò la densità della molecola aquea rispetto alla densità della molecola di mercurio conserva costantemente la proporzione di 1 : 33; e siccome la risultante del peso sta pure in ragione della densità molecolare, perciò il peso della molecola aquea sta al peso della molecola di mercurio con una proporzione pressochè consimile. — Ecco che importa determinare il peso degli *atomi*, o direi meglio delle *molecole*, per mezzo delle Tavole del calorico specifico.

Quando poi si procede per la via degli equivalenti chimici, allora si possono ottenere risultamenti di altra specie. — Imperocchè è una legge vera e costantissima quella che fu stabilita dagli studii uniti di Wenzel, Richter, Dalton, Gay-Luzac, che *i corpi semplici nel combinarsi si riuniscono sempre sotto proporzioni costanti di volumi a volumi*. La ragione di tal legge di fatto è sita in ciò, che in ogni combinazione chimica ai riuniscono molecole con molecole, e ne risultano altre molecole più composte o men composte : perciò la combinazione chimica tra due corpi semplici si avvera sempre in ragion del numero delle loro molecole. Ecco perchè dalla Tavole degli equivalenti chimici si posson dedurre i numeri delle molecole, che ognuno di essi contiene relativamente all'altro.

Or io dissi innanzi (§ 80), che il peso di un corpo è proporzionale al numero delle sue molecole, ed alla loro den-

sità: laonde, siccome per la via degli equivalenti chimici si giunge alla conoscenza del numero di molecole che contiene un corpo relativamente all'altro, viensi per la stessa via a guadagnare la conoscenza di un altro elemento, che concorre alla formazione del peso.

Questo è il motivo, per cui sembrava a Dumas, che per la via del calorico specifico si può arrivare a conoscere il peso dell'atomo fisico, mentre per la via degli equivalenti chimici egli credeva potersi giungere a determinare il peso dell'atomo chimico. — Quando egli dice *peso dell'atomo fisico*, si deve intendere *densità relativa di una molecola ad un'altra*: quando dice *peso dell'atomo chimico*, si deve sentire *numero relativo delle molecole che si combinano*. Il primo ramo appartiene più al dominio della Fisica, il secondo più al dominio della Chimica. — Densità, e numero di molecole concorrono insieme a costituire il peso.

§ 82 *Il peso risulta dalla densità intrinseca e dal numero delle molecole — Perciò si può determinare il peso molecolare per amendue le vie riunite del calorico specifico e degli equivalenti chimici.*

Il peso non è qualche cosa per sè sussistente, non è qualche attributo della sostanza; esso è, come abbiain ripetuto più volte (§ 28, 80), il risultamento delle azioni semplici riunite, le quali fra loro si attraggono o si disciolgono, in ragione dell'equilibrio o del disequilibrio che tra loro costituiscono. Perciò, quando i Fisici, oppure i Chimici voglion dividere il peso di una massa totale ai suoi elementari componenti, null'altro cercano in realtà se non che, quanto concorra ciascuno di essi componenti a produrre quel determinato risultamento di attrazione reciproca, che si chiama *peso*. — Ora ognuno dei componenti elementari è una semplice azione sostanziale (§ 3), che deve necessariamente essere circondata da una sfera più o meno densa di contatti di altro

uguali azioni semplici elementari (§ 4, 8, 10): ognuno dunque di essi componenti concorre con tutta l'azione sua semplice nella formazione della massa pesante. E per questa ragione non si può statuire diversità di gradi tra quello che ognun di essi contribuisce per formare il peso totale. La ricerca delle Tavole dei pesi atomici, se si considera sotto questo riguardo che si voglia sapere quanto concorra ciascuna sostanza semplice alla formazione del peso, è una ricerca inutile ed antifilosofica; perchè tutte concorrono egualmente, e concorrono con tutta la loro sostanziale azione.

La diversità della contribuzione nel formamento del peso incomincia dalle molecole, le quali essendo più o meno dense, concorrono più o meno all'attrazione universale, da cui risulta il peso (§ 28, 29): perciò le molecole son capaci di essere assoggettite a diversi paragoni fra di loro. — Le molecole unite formano la massa. Ora una massa può avere molecole più dense di un'altra, può avere un numero di molecole maggiore di un'altra, ragioni amendue che rendono la prima massa più pesante della seconda. In conseguenza, per qualunque via si arrivi a conoscere o la densità relativa, o il numero relativo delle molecole di alcune masse, per la stessa via si giunge a conoscere il rapporto approssimativo del peso, che esiste tra le medesime. Non si parla mai del peso assoluto, ma del peso relativo.

Ma io già dissi (§ 81), che la densità relativa delle molecole si può conoscere per mezzo della capacità che ogni corpo ha per lo calorico; e dissi altresì, che il numero relativo delle molecole si può determinare per mezzo degli equivalenti chimici. Dunque per l'una o per l'altra via si può sempre pervenire alla conoscenza di quei due principali elementi, dai quali risulta il peso. — Però la densità relativa è tutt'altra cosa che il numero relativo delle molecole. Ciò fa che i prodotti desunti dalle Tavele del calorico specifico spessissimo sieno diversi dai prodotti cavati dalle Tavole degli equivalenti chimici.

§ 83 *Per la via del calorico specifico si arriva non solo ai rapporti della densità molecolare, ma implicitamente ai rapporti del numero rispettivo delle molecole. — Non così per la via degli equivalenti chimici.*

Facendo ancora una più profonda riflessione su questo argomento, io dico che, quando si trova la densità relativa delle molecole per la via del calorico specifico, si viene implicitamente a ritrovare la misura approssimativa del numero relativo delle stesse molecole. Ma all'opposto, quando per mezzo degli equivalenti chimici si rileva il numero relativo delle molecole, non si può arguire la loro densità relativa. E ne assegno il perchè.

La dilatazione calorifica, di cui due corpi sono rispettivamente capaci, è proporzionale ben vero alla rispettiva densità molecolare, ma insieme è proporzionale al numero rispettivo delle loro molecole; perocchè ogni massa si dilata in proporzione di quante molecole contiene, ed in proporzione di quanto esse molecole son dense. Laonde, se io riguardo i gradi della capacità rispettiva per la dilatazione calorifica, vengo a colpire due cose nello stesso tempo, la ragione della densità relativa, ed il numero relativo delle molecole: quei due principali elementi che concorrono alla formazione del peso. Per dir meglio, il calorico specifico dei corpi è indizio della densità e del numero delle loro rispettive molecole, perchè essi in proporzione di tal densità e numero hanno un grado determinato di calorico specifico. Dunque, argomentando sottosopra, dal paragone del calorico specifico dei corpi si possono dedurre le ragioni della densità relativa, ed insieme il numero relativo delle loro molecole.

L'opposto avviene, allorchè dalle Tavole degli equivalenti chimici si deducono, come dissi innanzi (§ 81), i numeri relativi delle molecole; imperciocchè dai detti numeri non si può arguire la densità. — Le combinazioni chimiche succe-

dono a proporzioni determinate, e volumi per volumi: la ragione si è, che debbono congiungersi molecola con molecola, e tutta l'operazione siegue la sola ragione numerica. Perciò, quando si paragonano all'ossigeno preso come 100 le molecole di tutti gli altri corpi semplici, secondo la regola data da Gay-Luzac, allora sotto il nome di peso atomico non si ha immediatamente il rapporto delle densità molecolari, ma solamente quello del numero delle molecole che tra loro si combinano a proporzioni determinate. Sotto tale riflessione è chiaro che, siccome l'aver preso l'ossigeno per 100 è stata una cosa tutta arbitraria, perciò nel fare il paragone di tutti gli altri corpi semplici con esso, si ottengono ben vero numeri sempre proporzionali, ma non tali che corrispondano effettivamente ai numeri precisi delle molecole, che compongono ciascuno di quei corpi.

Mettendo dunque in calcolo amendue le cose: primieramente, che i numeri relativi delle molecole non corrispondono esattamente ai numeri della loro relativa densità; in secondo luogo, che gli stessi numeri relativi delle molecole per mezzo degli equivalenti chimici si ottengono solamente in un modo proporzionale, ma non in un modo effettivo e preciso, siccome ho dimostrato or ora; appare chiaro, che la corrispondenza tra i primi ed i secondi numeri non è affatto necessaria, anzi la necessità è, che dessi numeri per lo più non corrispondano. — Questa è la principale ragione, per cui le Tavole de' pesi atomici ricavate per mezzo degli equivalenti chimici non corrispondono numero per numero con quelle, che si desumono dalla capacità per lo calorico.

§ 84 *Perchè in alcuni corpi i pesi atomici dedotti dalle Tavole del calorico specifico corrispondano con quelli dedotti dalle Tavole degli equivalenti chimici, — e perchè in altri corpi non corrispondano.*

Intanto è certo, che 201 parti di zolfo, 339 parti di fer-

ro, e 1243 parti di platino, (numeri di pesi atomici dati dagli equivalenti chimici) se si sottopongono allo stesso grado di calorico, prendono il grado medesimo di temperatura. Come avviene questa corrispondenza? — Da quanto si è detto emerge, che i numeri 201, 339, 1243 non corrispondono ai veri pesi nè delle sostanze semplici, nè delle rispettive molecole, ma corrispondono al numero delle molecole che si ritrovano negli anzidetti tre corpi. Anzi non corrispondono ai veri e precisi numeri, ma indicano solamente una certa proporzionalità di numero tra le molecole che i detti tre corpi contengono, sicchè stan tra loro come 201, 339; 1243. — Le molecole di questi tre distinti corpi hanno pure un rispettivo grado di densità, la quale si argomenta per mezzo della capacità ch'essi hanno per la dilatazione calorifica. — Avvien dunque il caso, che tanto il numero delle molecole, quanto la rispettiva loro densità, in due o in tre corpi stieno amendue tra di loro con le medesime proporzioni: allora si è, che procedendo o per l'una o per l'altra via, o per gli equivalenti chimici, o per lo calorico specifico, si ottengono sempre gli stessi numeri: così infatti si ottengono nello zolfo, nel ferro, nel platino. Dico adunque, che in questi tre corpi tanto il numero delle rispettive molecole, quanto la rispettiva loro densità, stan tra loro come i tre numeri 201, 339, 1243.

Il cobalto però, il telluro, l'argento e tanti altri corpi, che per ragione delle loro combinazioni chimiche offrono un numero, e per ragione del calorico specifico ne offrono un altro, non debbono avere nella stessa proporzione il numero delle molecole, e la loro densità: il che potrà esser verificato per mezzo di appositi esperimenti. — Perciò noi detti corpi da una strada si giunge a determinare la proporzione numerica delle molecole, dall'altra la proporzione della loro densità: e siccome numero e densità di molecole concorrono insieme a costituire il peso (§ 80, 82), perciò amendue si sogliono porre sotto il nome di pesi atomici; ma le loro rispettive Tavole non corrispondono.

Un'altra osservazione ci dà a luogo a fare il vapore dello zolfo. Lo stesso corpo riguardato nello stato solido, ovvero nello stato gassoso, ci presenta due numeri distinti e tra loro lontanissimi. Lo zolfo, prima di passare allo stato gassoso, per la via degli equivalenti chimici ci dà sempre il numero 201; ed ancorchè si proceda per la via del calorico specifico, produce eziandio lo stesso numero 201, come abbiamo già detto nel § 79. Ma, passato allo stato gassoso, e fatto confronto di volume a volume con quello dell'ossigeno preso come 100 secondo la regola di Gay-Luzac, non si ottiene più il numero 201, ma quello di 603. — Le stesse osservazioni, come ha fatto conoscere Dumas, si possono fare coll'arsenico, il quale per le sue combinazioni chimiche dà il numero 470, mentre per ragion di volume, ridotto allo stato di vapore, dà quello di 940; e così tanti altri corpi.

Ciò conferma mirabilmente la teoria innanzi esposta (§ 83), che tutte le volte che si riguardano le combinazioni chimiche, si ottiene sempre la proporzione numerica delle molecole; al contrario, quando si riguarda la capacità per la dilatazione calorifica, (come si fa appunto, quando si paragonano i volumi dello zolfo, dello arsenico e di altri consimili corpi ridotti allo stato di vapore) allora si ottengono le proporzioni delle loro rispettive densità molecolari. Per conseguenza, i numeri ottenuti nel primo modo non corrispondono ai numeri ottenuti nel secondo. Se n'ecceppa solamente il caso, come dissi sopra, che tanto il numero delle molecole, quanto la loro intrinseca densità si trovino nelle stesse rispettive proporzioni, per come dev'essere nei tre anzidetti corpi, zolfo, ferro e platino.

§ 83 *I pesi molecolari ricavati o per l'una o per l'altra via sono soltanto approssimativi, non mai esatti e precisi.*

Ma, da quanto ho esposto, si vede chiaro, che tutte le Tavole ricavate in una di siffatte maniere non possono dare se

non che semplici proporzioni relative, non mai numeri assoluti che corrispondano ai veri numeri delle molecole, nè alla vera loro densità. Perciò non si ricavano mai i veri pesi delle molecole, ma se ne ricavano con approssimazione gli elementi, da cui i detti pesi risultano.

Bisogna pertanto avvertire, che la capacità di un corpo per lo calorico non è costantemente la stessa sotto a tutte le temperature ed in qualunque stato di aggregazione; ed anche questo può concorrere a recare differenze nelle Tavole dei pesi molecolari, quando si deducono delle Tavole dell'anzidetta capacità. Così il platino alla temperatura di 100° ha la capacità come 0,03350; alla temperatura di 1000° ha la capacità come 0,03728; alla temperatura di 1200° come 0,03818. Lo zolfo, quando è in cristalli naturali, ha una capacità come 0,1776; fuso da due mesi come 0,1803; e fuso di recente come 0,1844. La capacità del diamante è come 0,1469; quella del grafite naturale come 0,219; e quella del carbone di legna come 0,2415.

§ 86 *Del metodo di determinare i pesi atomici per mezzo dello isomorfismo* — Con esso si determinano veramente i rapporti della disposizione reciproca delle molecole, la quale concorre pure a formare il peso.

Stimo conveniente, dopo aver parlato dei suddetti due metodi coi quali soglionsi determinare i pesi atomici, dir qualche cosa sul terzo metodo dedotto dall'*isomorfismo*, e posto in piena luce da Mitscherlich. Egli conobbe, che tutti i corpi, i quali cristallizzano nella stessa maniera, e che in conseguenza son capaci di confondersi o di sovrapporsi l'uno all'altro in un solo cristallo, sogliono avere un numero di atomi presso a poco corrispondente nelle Tavole dei pesi atomici.

Questo metodo, che si reputa assai più sicuro dei due precedenti per determinare i pesi atomici, non può in vero servire, che per determinare la sola *disposizione e configurazione*

delle molecole; imperciocchè le ragioni del cristallizzare sieguono le ragioni della disposizione mutua che hanno le molecole; ed essa disposizione è una pure delle cose, (oltre la densità intrinseca ed il numero delle stesse molecole) che concorre a formare quel totale risultamento di attrazione, che ha avuto il nome di *peso*. Ed in vero il peso di un corpo terrestre nullo altro è, che la sua stessa gravità relativa, la quale è proporzionale alla sua medesima massa (§ 29). Ogni massa è un'aggregazione di molecole, nella quale si possono considerare tre cose: il numero delle molecole, la densità intrinseca delle stesse, o la loro mutua disposizione e configurazione. Secondochè una di queste tre cose è diversa ne' varii corpi, diversamente essi risentono la forza dell'attrazione universale, e diversamente perciò si manifesta la loro gravità relativa, ossia il loro peso. — Egli è per questo, che il metodo dedotto dall'*isomorfismo*, conducendo direttamente a ritrovare la rispettiva configurazione delle molecole, mena indirettamente a stabilire quanto e come concorra ognuna di esse molecole nella formazione del peso.

Il metodo di Mitscherlich ha un pregio singolare assai, ed è che si può applicare a quasi tutti i corpi della Chimica. Così p. e. prendendo 339 per lo peso atomico del ferro dedotto dal suo calorico specifico e dalle sue combinazioni chimiche, ed osservando che i protossidi di manganese, di nickel, di cobalto, di zinco, di cadmio, non meno che il biossido di rame, son tutti isomorfi col protossido di ferro, ne siegue che bisognerà loro assegnare dei pesi atomici corrispondenti. Altrettanto può dirsi del cromo, dell'alluminio, del lucinio, imperciocchè i loro ossidi sono isomorfi coi sesquiossidi di ferro e di manganese. Così l'acido manganico, conosciuto una volta il peso atomico del manganese per mezzo del confronto col ferro, conduce a ritrovare il peso atomico dello zolfo, del selenio, del cromo, ec. per causa dell'*isomorfismo* de' suoi sali coi selfati, seleniati, cromati ec. Parimenti l'acido permanganico, essendo isomorfo con l'acido perclorico, insegna a ri-

conoscere il peso atomico del cloro, e successivamente quello del fluoro, del bromo, e di tutti quegli altri corpi che sono isomorfi col cloro. In cosiffatta guisa tutti i corpi della Chimica si paragonano uno coll'altro, e se ne ottengono le porzioni dei loro pesi atomici, o a meglio dire, le porzioni, con cui concorrono le disposizioni delle rispettive molecole alla formazione del peso.

§ 87 *Confronto dei tre metodi con cui si determinano i pesi atomici.*

I risultamenti, che si ottengono per mezzo del paragone dei corpi isomorfi, sono alcune volte uguali a quelli che si ottengono dal confronto delle capacità per lo calorico, o degli equivalenti chimici; talvolta però se ne allontanano. La ragione di ciò è chiara: perocchè i tre diversi metodi non conducono alla conoscenza di una identica e sola cosa. La *densità*, il *numero*, e la *disposizione* delle molecole sono tre cose che in differenti corpi non si possono trovare costantemente sotto le stesse proporzioni: tutte e tre però concorrono a formare il peso. Perciò le Tavole dei pesi atomici, che si deducono da uno dei detti tre metodi separatamente, non corrispondono tra loro, eccetto il solo caso che la *densità*, il *numero*, e la *disposizione* delle molecole di un corpo camminino sempre con le medesime proporzioni; poichè allora o per la via del calorico specifico, o per la via degli equivalenti chimici, o per la via dell'isomorfismo si ottengono costantemente i numeri medesimi.

Donde io deduco per ora, che dalla sola strada del calorico specifico non si può mai giungere alla determinazione del vero peso della molecola, ma solamente alla determinazione approssimativa della sua intrinseca densità. — Ognun vede, che fin qui ho parlato della densità intrinseca di ciascuna molecola, e non della densità degli aggregati, la quale si determina per tutt'altro metodo.

SEZIONE III.

DELLA PROPAGAZIONE E DELLA TRASMISSIONE
DEL CALORICO

§ 88 *Il diverso modo, con cui i corpi conducono il calorico, prova ch' esso non è sostanza. — Si rigettano le ipotesi adoperate per sostenere il contrario.*

Se il calorico fosse una sostanza, qual ragione vi sarebbe a dire, che alcuni corpi lo *conducono* meglio, altri no? qual ragione vi sarebbe a dire, che i corpi più sminuzzati, come la sabbia, la polvere di carbone, il negrofumo, sien quelli che *conducono* il calorico meno di qualunque altro corpo? La *conducibilità* si osserva maggiormente negli aggregati, la cui molecola è più densa: infatti l'oro, il ferro, il rame ec. conducono il calorico con molta prontezza e facilità; mentre le legna, le paglie, le lane, ed altri corpi simili, che hanno molecole assai meno dense, lo conducono male e con maggior difficoltà. Dunque non si può dire, che il calorico in quest'ultimi corpi trovi un inciampo meccanico al suo passaggio per causa della densità o della forte coesione che abbiano le loro molecole, mentre maggior densità e maggior coesione egli trova sui metalli testè indicati.

Nè si deve ricorrere a quella solita ipotesi, che la sostanza calorico nel traversare alcuni corpi, i quali per essa hanno affinità, venga da loro ritenuta o ritardata nel suo cammino. Non si deve ricorrere alla sudetta ipotesi, perchè io sotto diversi aspetti l'ho combattuta nelle due precedenti Sezioni. E per troncargli qui ogni dubbio dico che, se in alcuni corpi il calorico fosse ritenuto o malamente propagato per causa delle affinità che per esso avrebbero le molecole di quei corpi, al-

lora quelle molecole dovrebbero prima di strato in istrato saturarsi di tutta la quantità di calorico loro necessaria, e poscia dovrebbero permettere, che il calorico sovrabbondante passasse a saturare gli strati susseguenti. Ed in conseguenza su tali corpi si dovrebbe scorgere in sul principio una lentissima propagazione di calorico, finchè di falda in falda tutte le molecole potrebbero saziarsene; ma accaduta la generale saturazione, tutto l'ulteriore calorico proveniente dalla sorgente calorifica si dovrebbe propagare senza verun'altro inciampo; e per ultima conseguenza tutti i corpi dopo un certo tempo di successivo riscaldamento, cioè dopo la loro rispettiva saturità, dovrebbero essere ugualmente conducenti: la qual cosa è contraria all'esperienza.

§ 89 *La trasmissione del calorico, e gli altri particolari modi della sua irradiazione, provano ch'esso non è sostanza.*

Quello poi ch'è più meraviglioso nel cammino del calorico si è, che talvolta esso, partitosi dalla sorgente, si trova in un punto assai lontano, senza che se ne scorga affatto la minima traccia nei punti intermedi. Questa specie di calorico è stata dai Fisici chiamata *calorico raggiante*; ed io, seguendo i principii esposti nei § 21 e 22, dico che l'azione di un tal calorico non si *propaga*, ma si *trasmette*. — Or, se il calorico fosse una sostanza, potrebbesi mai trasmettere da un punto ad un altro lontano senza passare dai punti intermedi? Le teoriche concernenti il calorico raggiante non sono affatto compatibili colla supposizione della esistenza di un fluido calorico.

Se vi fosse una qualunque adesione, anche momentanea, tra il calorico e le molecole dei corpi per le quali egli passa, potrebbe mai il calorico raggiante trasmettersi da un punto ad un altro con quella prodigiosa rapidità, la quale per le ripetute esperienze del Melloni si può assomigliare alla rapidità stessa, con cui si trasmettono la luce e la elettricità?

Dippiù il calorico va soggetto a tutti i fenomeni di rifles-

sione, rifrazione, diffrazione, dispersione, diffusione e polarizzazione, non meno che la luce. La teoria della *emissione* per quanto alla luce è stata quasi generalmente abbandonata dai Fisici, dopo che si son vedute le insormontabili difficoltà, che s'incontravano nello spiegare con l'anzidetta teoria i fenomeni delle riflessioni oblique, della rifrazione, delle interferenze ed altri simili; e con maggior successo si è sostituita la teoria delle *vibrazioni* o delle *ondulazioni* lucide, che rende completa ragione di tutti gli accennati fenomeni. — Laonde, se il calorico soggiace ai fenomeni medesimi, come si vuol tuttavia supporre la emissione di una sostanza calorico? come non si vuol comprendere, che i suddetti fenomeni, a somiglianza di quelli della luce, esiggon pure che si abbandoni la teoria della emissione calorifica?

§ 90 *Per quali ragioni sia stata ammessa la teoria della emissione del calorico — Per quali ragioni debba rigettarsi.*

Faremo dunque, come si è fatto riguardo alla luce, supponendo un'etere imponderabile, su cui succedono le vibrazioni o le ondulazioni calorifiche? — A suo luogo io mostrerò, che non è necessario ammettere l'ipotesi dell'etere vibrante per spiegare i fenomeni della luce.

Ma riguardo al calorico pare veramente impossibile, che l'accumulazione delle vibrazioni sopra una linea di etere possa esser cagione di quegli'immensi effetti, che vediamo operarsi nella natura per mezzo del calorico. Com'è possibile, che un grande incendio, da cui risultano infinite decomposizioni e ricomposizioni chimiche, non sia altro che una quantità di vibrazioni sopra una massa eterea imponderabile? I Fisici, vedendo la immensità degli effetti del calorico, non che quelli della elettricità, han pensato generalmente ammettere l'accumulazione di una reale sostanza calorico e di una reale sostanza elettricità, affinchè paja più verisimile, che gli effetti grandi sieno corrispondenti alla maggior copia di un vero fluido accumulato.

Le loro riflessioni sono giuste, se si tratta di escludere dalla teoria del calorico l'etere vibrante; ma essi non lasciansano le difficoltà che porta seco la dottrina dell'emissioni calorifiche, come quella dell'emissioni lucide. — I Fisici si trovano fra due scogli: se ammettono, che il calorico sia un fluido il quale cammini da un punto ad un altro, non possono spiegare tutti i fenomeni ch'esso presenta analogamente a quelli della luce; se dicono, ch'esso consiste in alcuni moti ondulatorii o vibratorii di qualunque siasi etero, non possono spiegare con verosomiglianza la grandezza degli effetti ch'esso produce.

Vedendo, che il calorico si comunica da un corpo ad un altro, i Fisici dovevano da principio scegliere, come ipotesi più comoda, quella che lo suppone un fluido trasmigrante. Così un tempo si faceva per ispiegare i fenomeni della luce; e l'immortale Newton era obbligato ad inventare la ingegnosa ipotesi degli *accessi* per serbare intatta la teoria della luce ambulante. — Finalmente viene un tempo, in cui la scienza non può più riputarsi soddisfatta delle ipotesi, che in sul principio furono adottate come comode e facili: la scienza col progressivo studio e colle successive osservazioni ritrova cotali fenomeni, che distruggono quelle facili ipotesi; ed allora è necessario che si faccia rinnovamento delle teorie fondamentali.

Io studierò sotto questo riguardo, da prima le leggi del calorico che successivamente si propaga, poscia quelle del calorico che si trasmette da un punto ad un altro senza farsi menomamente avvertire nei punti intermedi, cioè il calorico raggiante. In ultimo dirò qualche parola sulla termocrosi.

CAPO I.

DELLA PROPAGAZIONE DEL CALORICO

§ 91 *Per qual ragione i corpi conducano differentemente il calorico.*

Si chiama *conducibilità* la disposizione che hanno i corpi a propagare il calorico. Essendo impossibile, come dimostrai a principio (§ 7), che tutti i corpi sieno egualmente densi, ne siegue per illazione legittima, che i corpi non si possono prestare ugualmente alla conduzione del calorico: ciò appunto perchè lo stato di calorico consiste nella dilatazione della densità molecolare (§ 40), e quindi deve esser condotto da un corpo ad un altro secondo i rapporti delle varie loro densità molecolari.

Se il calorico fosse una sostanza, non si vedrebbe ragione, per cui la conducibilità dovrebbe esser diversa secondo la diversità dei corpi, eccettochè non si volesse sostenere, che il calorico venisse meccanicamente o chimicamente arrestato nel suo passaggio secondo la varia natura delle molecole ponderabili: due supposizioni che io dimostrai false (§ 72, 88).— Si potrebbe forse congetturare, che uguali difficoltà applicar si dovrebbero al calorico considerato come stato di dilatazione della densità molecolare. Ma il fatto non è così; e nel corso intero di questa Sezione parrà chiaro, che i fenomeni della propagazione e della trasmissione del calorico, lungi dal distruggere o indebolire la teoria intorno allo stato della dilatazione calorifica, la confermano mirabilmente.

I Fisici, avendo sinora supposto, che il calorico sia un corpo, stimar devono, che le masse più conducenti sieno quelle le quali oppongono minori ostacoli al passaggio del corpo calorico. Ma se desso non è corpo, e se desso consiste nella sola

dilatazione della densità molecolare, noi quali chiameremo masse conducenti?

A priori si comprende facilmente, che i corpi non tutti egualmente possono dilatare la densità delle loro molecole, perchè tale densità non è in tutti omogenea (§ 10). — Or quando una molecola dilata la sua densità, senza ancor cangiare lo stato della sua ammolecolazione, cioè senza ancor cangiare il numero e la disposizione dei suoi componenti, siccome io dissi nei § 10 e 18, essa non subisce nessuna modificazione chimica; imperocchè il chimismo allora entra, quando una molecola disciogliesi, e muta numero e disposizione di parti (§ 16). — Tutte le volte che vi ha operazione chimica, le rispettive densità molecolari si disciolgono e si ricombinano, perlocchè lo stato generale del loro equilibrio può di repente innalzarsi, ovvero abbassarsi, essendo rarissimo il caso, che il compenso reciproco delle dilatazioni e dei restringimenti sia tale, da rimanere lo stesso equilibrio di temperatura (§ 60). Per questo è, che le dissimulazioni o le manifestazioni del calorico, coincidono quasi sempre con le chimiche combinazioni.

Se però un corpo, senza subire verun chimismo, riceve dalla sorgente calorifica un determinato grado di dilatazione, allora può propagarla ai corpi convicini, può propagarne una porzione rimandando il resto, può far cangiare la linea della propagazione, può eziandio scomporre la stessa linea in due o più altre linee con differenti direzioni. Tutti questi casi devono dipendere dalla densità speciale delle molecole, che si ritrovano o sulla superficie o nella interna composizione del corpo, sul quale si effettua la propagazione.

§ 92 *Ragioni per le quali può cessare la propagazione calorifica — Ragioni per le quali nel chimismo la propagazione calorifica si manifesta in alcuni punti, ed in altri no.*

Ancorchè tutti i corpi del mondo, per una impossibile ipo-

tesi fossero eguali nella densità molecolare, stabilitasi in un punto la sorgente della dilatazione calorifica, non potrebbe mai propagare ad ogni sorta di distanza tanto calorico, quanto la sorgente ne produce. Poichè, ogni molecola in forza dell'equilibrio già esistente tra le sue parti, prima di cangiare stato di densità, oppone una resistenza; la quale è benanche rafforzata dalle resistenze unite delle molecole circonvicine. Perciò è, che apertasi in un punto la sorgente della dilatazione calorifica, quando il mezzo per cui si propaga è tutto uniforme in densità molecolare, il cammino della dilatazione si dispone, come se fosse composto di tante onde concentriche, l'una sempre più debole dell'altra andando dal centro del calore verso fuori, opure una sempre più forte dell'altra andando dal di fuori al centro del calore.

Quando però i mezzi, per cui si propaga la dilatazione calorifica, non sono tutti uniformi nella densità molecolare, allora essa dilatazione non si propaga, nè decresce ugualmente per tutti i versi. Accadono allora delle sinuosità e degli angoli di dilatazione, ai quali possono corrispondere immediatamente sinuosità ed angoli di restringimento, che possono benanche produrre un totale compenso: ed allora lo stato di calorico cessa dal propagarsi.

Un'importante fenomeno si osserva qualche volta sotto le operazioni chimiche. Se i parziali restringimenti di alcune molecole sottoposte al chimismo compensano totalmente le parziali dilatazioni di altre molecole pure al chimismo sottoposte, allora non vi ha all'esterno nessuna propagazione di calorico, perciò nessuno innalzamento e nessun abbassamento di temperatura; ma se si adatta il termometro nell'interno, si trovano di punto in punto delle variazioni straordinarie di temperie. — La verità di questo fatto si può a bella posta osservare in tutte quelle operazioni chimiche, che non presentano sulle pareti esterne del vase nessun aumento, nè decrescimento sensibile di calorico: però se s'immerge il termometro nel liquido, dove si compie la chimica combinazione,

s'innalza o si abbassa di picciolissimi gradi, per causa che ivi trova disequilibrio di compenso tra le molecole che si dilatano e quelle che si restringono,

Altre volte può succedere il caso opposto. Il termometro immerso nel liquido, dove operano le forze chimiche, si ferma ad un punto costante; ma avvicinato verso le pareti interne del vase, oppure posto sulle pareti esterne, quando il vase è metallico e buon conduttore, oppure calato giù sino al fondo dello stesso liquido, comincia a segnare diversi gradi di temperatura. — Allora la maggior varietà di dilatazioni e restringimenti molecolari deve succedere in contatto delle pareti interne del vase, oppure nel fondo dello stesso, mentre nel liquido si trova il più completo compenso tra i due stati antagonistici.

Il tutto sta in trovare il punto, ove dilatazione e restringimento molecolare non sieno rispettivamente compensati: ivi il termometro segnerà maggiori variazioni di temperatura. Al contrario, trovato il punto, ove dilatazione e restringimento molecolare si compensano totalmente, ivi il termometro segnerà una temperatura costante. Suppongo sempre, che si badi ad escludere la variazione di temperatura, che cagiona lo stesso termometro nello entrare nel liquido per causa del suo particolare stato di calorico.

§ 93 *Perchè i corpi di una densità molecolare più omogenea e più pura conducano meglio il calorico, e viceversa — Si propone un'esperimento.*

Il corpo, la cui densità molecolare è quasi tutta omogenea, deve esser meglio di ogni altro disposto a ricevere la dilatazione calorifica in tutte le sue parti, ed a comunicarla quasi tutta in modo uniforme ai corpi circonvicini. — I metalli depurati al grado massimo sono appunto i corpi composti di molecole quasi tutte omogenee in densità. Questa è la ragione per cui i metalli, più che divengon puri, conducon me-

glio e più uniformemente il calorico; viceversa, per quanto più sono impuri, e quanto più vi son mescolate sostanze di eterogenea densità, tanto meno riescono a condurre il calorico, e sconcertano quasi sempre la linea direttrice di sua propagazione.

Per quanto io mi sappia, non si è mai osservata la direzione, che prende il calorico nei corpi per li quali egli passa. Questa però sarebbe una ricerca interessantissima, imperocchè dalla uniforme direzione della linea calorifica si potrebbe benissimo argomentare la omogeneità della densità molecolare, e perciò la purità del corpo conducente. — Oggi che possediamo tanti egregii stromenti per misurare la direzione, e la forza impellente del raggio calorifico, sarebbe giusto sottoporre varii pezzi di metallo, o varii altri corpi più o meno puri, all'azione costante di una sorgente di calorico; ed impedita la irradiazione di certi punti per mezzo di appositi diaframmi, potrebbesi misurare col termo-moltiplicatore la forza e la direzione di qualunque raggio movente da qualunque punto del corpo riscaldato. — Calcolando allora la precisa quantità di calorico data dalla sorgente al corpo conduttore, or vedrebbesi il calorico, andando uniformemente per tutto quel corpo, uscire per tutti i punti della sua superficie secondo le regole proporzionali alla distanza della sorgente ed alla linea d'impulso propagatore, che i Fisico-matematici potrebbero ben calcolare; ed or vedrebbesi la stessa quantità di calorico data dalla sorgente spezzarsi più o meno in tante direzioni, uscire con maggiore impulso da un punto, e con minore da un altro. Allora si potrebbe concludere, che sono più puri e più omogenei nella densità molecolare quei corpi, i quali dàn passaggio alla propagazione del calorico senza alterarne la direzione naturale, e che lo mandan fuori da tutti i punti della loro superficie con un impulso proporzionale alla distanza della sorgente. Al contrario, si potrebbero ritenere come più impuri, e più eterogenei in densità molecolare quelli che torcerebbero la direzione, o guasterebbero la forza impellente della propagazione calorifica e dello irraggiamento.

§ 94 *Nei cristalli la dilatazione calorifica si propaga secondo la loro direzione — Si arresta la propagazione ogni volta che si sviluppa il chimismo — Si ha una cattiva propagazione nei corpi più porosi.*

Si deve eziandio aggiungere, che i corpi cristallizzati, nel condurre il calorico, debbono dargli strada secondo la direzione dei loro cristalli; conciosiachè, la dilatazione della densità molecolare dovendo esercitarsi non altrove che nelle stesse molecole, siccome esse si trovano disposte in determinate linee secondo la direzione e la giacitura dei cristalli, così il cammino della dilatazione calorifica deve secondo quella stessa linea esercitarsi. Questa considerazione si deve particolarmente avere, allorchè vuolsi istituire l'esperienza sopracennata, per vedere secondo quali direzioni, e con qual grado di impulso propagarsi il calorico sui corpi più puri, e sui corpi meno puri (§ 93).

Oltre alla considerazione della purezza del corpo assoggettato alla propagazione calorifica, debbonsi osservare due altri riguardi non meno importanti. — Può aversi un corpo depurato al grado massimo di ogni estranea sostanza, e ridotto alle semplici molecole elementari, tutte fra loro simili ed omogenee, intanto la speciale densità di esse molecole, dipendente dal numero e dalla originaria disposizione delle parti costitutive, può esser tale, che la più piccola dilatazione calorifica subito operi in esse la scomposizione e la fusione molecolare, e metta in iscena le azioni chimiche. Tale, a cagion di esempio, sarebbe il fosforo ottenuto nell'estremo grado di purezza: esso al minino grado di calorico sviluppa la combustione e s'infiamma. — Nei corpi di tal fatta la propagazione calorifica, sia perfetta quanto si voglia la loro purezza, non può effettuarsi secondo direzioni regolari; perocchè, dandosi luogo al chimismo, le molecole si disciolgono, ed allora vi ha per lo più o eccessiva manifestazione, o dissimulazione di calorico (§ 91).

Altri corpi a noi sembrano ben depurati da ogni estranea sostanza; ciò non ostante, essi sono assai porosi, ed i loro pori non sono giammai totalmente vuoti, ma son pieni o di aria, o di gas, o di altra qualunque siasi sostanza più sottile. In tali corpi la propagazione del calorico non si esegue secondo leggi regolari; imperocchè, sebbene le molecole del corpo assoggettato all'esperienza sieno tutte scevre di ogni eterogeneità, pure sono in contatto immediato colle sostanze gassose, che ne penetrano tutti i pori: in conseguenza, nel comunicarsi la dilatazione calorifica, succede che le molecole del corpo solido danno il calorico alle molecole gassose, e queste lo partecipano ad altre molecole dello stesso corpo solido. Laonde, essendo diversa la rispettiva densità molecolare del corpo poroso, e della sostanza che lo penetra, la dilatazione calorifica non si può propagare regolarmente; e deve di necessità avvenire un'effetto quasi consimile a quello che accade nei corpi impuri e misti di sostanze eterogenee.

Pur tuttavolta dall'uno all'altro caso v'ha una differenza notevole. Nei corpi impuri, oltre alla eterogeneità delle molecole aggregate, vi son quegl'interstizii che sono permeati dall'aria o da altre sostanze simili; perciò la direzione della dilatazione calorifica devesi sconcertare per un maggior numero di ragioni. Al contrario, nei corpi ben depurati, tuttochè vi sieno pori riempiti di sostanze gassose, la ragione del deviamiento calorifico è sempre minore. — Da ciò si può intendere, che i metalli men porosi e più puri debbono meglio di tutti condurre il calorico: la qual verità è confermata pienamente dalla esperienza. Secondo Despretz, l'oro ha una conducibilità come 1000; l'argento come 981; il rame come 898; il ferro 374; lo zinco 363, lo stagno 304; il piombo 179,6; il marmo 23,6; la porcellana 12,2.

§ 95 *Dei corpi che impediscono e fanno accumulare la dilatazione calorifica.*

Non essendo uguale in tutti i corpi la disposizione a dilatare la densità delle loro molecole, ne nasce che, come alcuni corpi conducono molto bene il calorico senza punto entrare nello stato di chimismo, così altri corpi, senza pure entrare nel chimismo, resistono alla dilatazione calorifica, e fanno da coibenti. Accade quindi, che un buon conduttore si trovi sottoposto al continuo influsso calorifico di una sorgente, ed intanto sia circondato da corpi più o meno coibenti. Questi, non prestandosi a ricevere nelle loro molecole un'uguale grado di dilatazione calorifica, fan sì che il corpo sottoposto all'influsso della sorgente si riscaldi eccessivamente, e si mantenga ad un grado di temperatura sempre più alto dei corpi stessi che lo circondano.

Un'esempio di ciò si trova in tutti gli animali, non escluso l'uomo, i quali, portando in sè stessi una sorgente continua di calorico, ed essendo pur sempre cinti d'invogli coibenti, e circondati da un'ambiente poco disposto alla conduzione del calorico, mantengono costantemente ad un grado di temperatura superiore del mezzo in cui vivono. L'uomo conserva quasi costantemente ed in tutti i climi la temperatura di 37° , una scimia di 39° , un gallo di 43° , una lumaca di 24° : la temperatura dell'ambiente è sempre minore.

L'accumulazione del calorico, ossia la dilatazione della densità molecolare, per causa della coibenza dei corpi circostanti può arrivare a tal segno, che il corpo estremamente riscaldato sviluppa le azioni chimiche: allora la propagazione del calorico non succede più sotto forme e modi regolari; ed anche gli stessi corpi coibenti, sviluppatosi il chimismo, si troveranno spesso costretti a soggiacervi parimenti.

§ 96 *I corpi, che conducono meglio il calorico, più presto si raffreddano.*

Come i corpi conducenti si riscaldano più presto dei corpi men conducenti, così i primi si raffreddano avanti dei secondi. Questo non significa, che il fluido calorico dai primi sia facilmente mandato via, e dai secondi sia più ritenuto. I corpi più conducenti, costando di molecole più dense e più omogenee, sono più disposti a ricevere qualunque particolare stato di dilatazione calorifica che venga ad essi comunicato: per questa ragione un corpo buon conduttore, appena cessa l'influsso della sorgente calorifica, si dispone a seguire il grado di temperatura che regna nell'ambiente. All'incontro, i corpi men conducenti, costando di molecole meno dense, o assai eterogenee nella densità, sono men disposti ad equilibrarsi con qualunque grado di dilatazione calorifica esteriore; essi perciò conservano più a lungo lo stato di calorico che han ricevuto.

Un pezzo di ferro si riscalda più presto di un pezzo di legno; ma il primo si raffredda più presto del secondo: opure in altri termini, il primo per la maggiore densità ed omogeneità delle sue molecole è meglio disposto del secondo ad equilibrare colla sua dilatazione o col suo restringimento molecolare lo stato delle sostanze che lo avvicinano: se gli si avvicina un corpo caldo, esso si riscalda prestamente e propaga in altri lo stesso stato di calorico; se cessa l'influenza calorifica, e gli si avvicina un corpo freddo, esso si raffredda benanche. — Wels scoprì, che tramontato il sole, essendo il cielo sereno, l'aria tranquilla, vasto l'orizzonte, i corpi solidi si raffreddano assai più dell'aria atmosferica, a segno che la differenza giunge spesso a 8° opure a 10°, talvolta anche a 12°. Ciò non accade interamente, quando il cielo è coperto di nuvole, o l'atmosfera è agitata, o l'orizzonte è ristretto. I solidi hanno una maggiore conducibilità dell'aria atmosferica,

perciò si raffreddano prima e più di essa; quando poi vi son nuvole, quando le falde dell'aria sono agitate dai venti, quando l'orizzonte è accerchiato da monti, allora vi è una maggior quantità di molecole dense, le quali rapiscono ai solidi posti sul terreno una minore quantità di dilatazione calorifica. Con ciò si viene a confermare la ragione, per la quale i corpi si raffreddano più presto, quando sono circondati da corpi meno densi e più rarefatti, come accade principalmente nel vuoto (§ 67).

§ 97 *Del restringimento antagonistico, che si trova al termine delle propagazioni calorifiche.*

Finslmente si deve avvertire, che ogni propagazione calorifica ha di necessità un' ultimo termine, oltre il quale essa non va. Parlo propriamente della *propagazione*, e non della *trasmissione*; perocchè quest' ultima si effettua pure da un punto ad un altro lontanissimo, p. e. dal Sole sino al nostro globo, con la rapidità del baleno.

Quando la dilatazione calorifica si propaga di strato in istrato, allora deve essa vincere la resistenza, o vogliam dire la inerzia, che le si oppone dal sistema di equilibrio già esistente in ciascuna delle molecole, su cui essa si estende. Perciò di grado in grado va diminuendosi, finchè cessa del tutto (§ 49, 92).— Finita però la periferia della propagazione calorifica, suole per ordinario incominciare lo stato di restringimento in antagonismo; perciò s'incontra spesso lo stato opposto al calorico (§ 57, 61).— Alla profondità di 8 metri, nella terra le stagioni succedono al rovescio: il massimo del calorico si ha il 1 di gennaio, il minimo verso la fine di giugno. Mentre la fascia dell'aria atmosferica e la crosta della terra si raffreddano per l'inverno, il nucleo del globo e gli strati più profondi compensano il restringimento molecolare esteriore colla loro dilatazione calorifica in antagonismo, e viceversa.— Così ancora nei mari equatoriali, alla profondità di 1000 braccia, la

temperatura è di 6° in 7°, mentre alla superficie essa è di 20° in 25°. Al contrario nei mari polari, alla profondità di 700 braccia, la temperatura è di 2° o 3°, mentre la superficie nella stessa stagione calda, quando i naviganti possono solcare quei mari, non giunge mai al di sopra di 0°.

Non si deve però dire, che tale inversione di temperatura sia forse dipendente dal calorico che somministra lo stesso centro della terra; dapoichè l'accrescersi in inverno e il diminuirsi in està fa vedere, che esso non proviene da una causa costante ed uniforme, ma si appresenta sempre in antagonismo dello stato in cui si trovano l'aria e la superficie terrestre.

CAPO II.

DELLA TRASMISSIONE DEL CALORICO.

§ 98 *Esposizione della dottrina del calorico raggiante.*

Passo ora ai fenomeni della trasmissione del calorico, cioè ai fenomeni del calorico raggiante.

Egli è mai possibile, che suscitatosi in un punto la dilatazione calorifica, si ripeta la stessa in un altro punto lontano, senza che i corpi intermedi ne dimostrino il menomo vestigio? — È noto l'esperimento che si fa con due specchi concavi di metallo, posti l'uno rincontro all'altro in guisa che i loro assi coincidano: collocata nel foco di uno specchio una palla metallica incandescente, tosto sarà veduto accendersi un pezzo di esca che si pone nel foco dell'altro. Intanto, se si saggia col termometro l'aria interposta fra i due specchi, eccettuata quella che si trova in contatto immediato colla palla incandescente, non si sperimenta veruno innalzamento di temperatura. Così ancora l'entrar di un'uomo in una stanza basta, acciocchè la delicatezza del termo-moltiplicatore ne ri-

senta i raggi calorifici : frattanto l'aria intermedia non mostra la menoma differenza di temperie.

I Fisici si contentano studiare tutte le misure e tutte le diverse apparenze di questa prodigiosa irradiazione calorifica, senza tentare, per quanto io mi sappia, di ricercarne la teoria fondamentale.

Se il calorico è una vera sostanza, come mai passa da un corpo ad un altro, senza farsi menomamente sentire nei corpi di mezzo ? Aggiungasi, che il calorico non fa mai, per così dire, tali salti sopra tutta specie di corpi : p. e. se tra un corpo ed un altro vi ha una sostanza metallica, il calorico non passa mai dal primo al secondo senza farsi sentire sul metallo intermedio ; anzi allora il calorico si propaga lungo il metallo, secondo le note regole della conducibilità. Il fenomeno della irradiazione del calorico contro le regole della conducibilità si effettua particolarmente tutte le volte che i mezzi sono coibenti, o quasi. — Per qual via, per quali mezzi il calorico s'irradia da un punto ad un altro lontano ? La scienza tace.

Fenomeni consimili noi incontreremo nello studio della elettricità, e forse pure in quello della luce. Dico da ora, che la teoria dovrà esser una per tutti.

§ 99 *Si richiamano le teorie sulla natura della trasmissione per ispiegare l'irraggiamento del calorico.*

Dal § 21 sino al § 30 m' impegnai a dimostrare com' è possibile, che un risultamento di azioni si trasmetta da un corpo ad un altro lontano, senza che ne sentano la minima perturbazione i punti intermedi. Richiamando dunque alla considerazione i principii ivi stabiliti, si può comprendere come sia possibile, che il calorico di un corpo irraggi a traverso di una massa aerea senza produrre in essa il menomo effetto sensibile, e vadasi tutto a manifestare sopra di altro corpo lontano.

L'attrazione solare si esercita a traverso la lunga serie dei sottilissimi corpi che stanno tra il Sole e la Terra; e sebbene l'aria atmosferica possa essere agitata o diretta secondo varie correnti, pure l'effetto totale della influenza attraente sperimentasi dal globo terraqueo, come se gli giungesse per mezzo di un corpo duro, situato in linea dritta, con un capo al Sole che attrae, e l'altro alla Terra attirata. Veggasi il § 23. — Della ugual maniera la forza comprimente dell'aria, o la sua gravità specifica, quantunque essa aria sia agitata, come diasi, e mossa da varie correnti, si fa sentire sopra ogni punto della superficie del globo in un modo sempre proporzionale alla totalità della massa aerea medesima. — Se io prendo una verga di ferro, dò un colpo contro un vase, e lo rompo, è certo che il vase non riceve il colpo immediatamente dalla mia mano, ma lo riceve dal ferro; intanto è certo ancora, che le molecole componenti la verga di ferro mantengono tra di loro la rispettiva coesione ed il vicendevole equilibrio, come se fossero nello stato di quiete. In conseguenza, l'azione della mia mano passa nel vase a traverso di un corpo solido, il quale non patisce nessuna modificazione sensibile nella sua aggregazione; ma l'effetto, che ne risulta nel vase, è proporzionale non solamente al movimento dato dalla mia mano, ma benanche alla natura speciale del ferro per lo quale gli fu trasmesso: in maniera che, se io avessi dato lo stesso colpo per mezzo di un' asta di altra materia, invece di darlo per mezzo della verga di ferro, la rottura del vase non sarebbe seguita nello stesso modo, o forse non sarebbe affatto seguita.

In tutti questi casi si trasmette da un punto ad un altro un risultamento totale di azioni, senza che ne resti verun vestigio sul mezzo trasmittente.

§ 100 *Dei corpi diatermici, adiatermici, e termocroici —
Della origine della diatermasia.*

La irradiazione del calorico è stata finora osservata nell'a-

ria atmosferica, ed in altri corpi che sono stati chiamati *diatermici*, come il salgemma, il cristallo di monte, il vetro: esperienze dirette del Melloni hanno confermato, che il calorico non s'irradia a traverso le lamine metalliche, ed altri corpi, che sono stati denominati *adiatermici*; mentre alcuni altri posseggono in debole grado la proprietà della diatermasia. Dippiù, alcuni corpi han la proprietà di rifrangere il calorico, trasmettendo regolarmente alcuni raggi dello spettro calorifico, e ritenendone o deviandone altri: la qual proprietà dal Melloni, che la scoprì, ebbe nome di *termocrosi*, ed i corpi, in cui tal proprietà risiede, furono detti *termocroici*.

Tutte le volte che il calorico s'irradia, succede nel punto della sorgente calorifica un vero stato di dilatazione molecolare, la quale o ha immediatamente causa da una combustione chimica, o pure viene per comunicazione da un corpo, che la ricevè in prima origine da una delle consuete sorgenti di calorico. Infatti le sorgenti calorifiche adoperate dai Fisici per istudiare i fenomeni della irradiazione sogliono essere la lucerna del Locatelli, la lucerna di Argant, il cubo dell'acqua bollente mantenuto ad una costante temperatura, il platino incandescente, e la lamina di rame a 400°. In tutte le accennate sorgenti calorifiche v'ha una certa dilatazione di molecole, o prodotta immediatamente dalla materia che si brucia come nelle due lucerne, o pure comunicata da corpi brucianti come nelle altre tre.

Lo strato d'aria, che tocca immediatamente uno dei suddetti corpi, riceve in sè una dilatazione molecolare proporzionale al proprio modo di essere, ed alla energia della sorgente calorifica. L'aria è un cattivo conduttore delle dilatazioni calorifiche, a causa della poca densità delle sue molecole. Perciò l'azione calorifica della sorgente non si estende che a poche falde circonvicine. — Osserviamo intanto qual'è l'effetto che deve risultarne in tutte le altre falde della massa aerea, come altresì in tutti gli altri corpi che si ritrovano in mezzo della stessa aria, ma non immediatamente vicini alla sorgente del calorico.

§ 101 Si spiegano le ragioni della trasmissione del calorico, — principalmente per mezzo dell'aria.

Nel § 30 io feci notare il seguente caso, come uno dei più singolari e più interessanti: nella comunicazione dell'*effetto totale d'influenza* « può una massa *influyente* aver dei mutamenti, ed il mezzo può all'incontro perdurare nel suo stesso stato; in questo caso i cangiamenti d'influenza succedono « da un'estremo all'altro, senza che il mezzo della trasmissione presenti verun'indizio di tutte quelle mutazioni ». La ragione di ciò si è, che nelle molecole non si deve considerare la sola mutua ed immediata loro azione, ma benanche il risultamento ch'esse ricevono dall'azione totale delle masse, che ivi io chiamai *effetto totale d'influenza*. Ogni molecola non esiste a solo, nè si trova immersa in una sfera di vuoto assoluto (§ 4); ognuna, oltre delle proprie azioni sostanziali, porta su di sè e sostiene la *influenza* di tutti gli altri aggregati, che con essa si concatenano in una mai non interrotta linea di azioni. In conseguenza, le azioni particolari della singola molecola possono essere quali si vogliano, ma l'*effetto totale della influenza* è sempre uguale allo stato, in cui si trovano le masse con essa comunicanti. Per questo è che un gruppo di molecole può sotto qualunque *influenza* continuare nello stato delle sue azioni proprie senza verun perturbamento; ma, nel comunicare alle altre molecole la *influenza* ricevuta, deve comunicarla tale come la riceve, variante se dessa varia, identica se rimane identica.

Or lo stato di dilatazione molecolare, che succede nella sorgente calorifica e nelle falde d'aria che immediatamente la circondano, produce un vero e continuo cangiamento d'*influenza* sulle altre falde della massa aerea. Egli è vero che la massa aerea, come cattivo conduttore, non sente la propagazione della dilatazione calorifica, e perciò le sue molecole rimangono

nello stato della loro ordinaria densità, ma è vero altresì, che l'effetto totale d'influenza ch'essa riceve dalla sorgente, p. e. del rame a 400° , è ben diverso da quello che riceverebbe dallo stesso rame, se non fosse elevato a quella temperatura. In conseguenza, la massa aerea nel dover comunicare ai corpi, coi quali è in contatto, la influenza ricevuta, non può fare a meno di comunicarla in quel modo stesso in cui l'ha ricevuta.

Aggiungo, che quanto meno è disposto un corpo a ricevere nelle sue molecole la dilatazione calorifica, tanto meno egli può recar modificazione nella influenza del calorico, la quale riceve dalla sorgente: perciò la trasmette intera ed immutata ai corpi circonvicini. I quali parimenti, se non sono disposti a ricevere la dilatazione calorifica nelle loro molecole, trasmettono tutta quanta la influenza ricevuta ai corpi di appresso; se però son disposti a riceverla, allora lo stato di calorico movente da un punto, benchè lontano, agirà sopra quei corpi con tutta l'energia, come se essi si ritrovassero immediatamente contigui alla stessa sorgente. — Un termometro, esposto da qualche distanza alla irradiazione del cubo di acqua bollente, segnerà il grado della ebollizione, sebbene l'aria interposta abbia solamente i gradi del calorico ordinario.

Così, per ripigliare l'esempio arrecato di sopra (§ 98), tutti i raggi calorifici della palla incandescente, che si concentrano nel foco dello specchio metallico, si riverberano nello specchio opposto, senza che l'aria intermedia ne senta veruno innalzamento di temperatura; e riunendosi tutti nel foco del secondo specchio, giungono ad accendere il pezzo di esca ivi posto. L'aria in tal caso serve di mezzo trasmittente alla irradiazione del dilatamento calorifico, senza che essa si dilati: ai due estremi della massa d'aria succedono due dilatazioni calorifiche uguali, ed essa aria ne è soltanto lo stromento, senza che ne soffra la menoma conseguenza sensibile. Essa fa le stesse veci della verga di ferro, quando la mia mano se ne serve per imprimere un'urto nel vase (§ 99). Essa fa

lo stesso ufficio, che adempie l'etere celeste unitamente alla colonna di aria medesima nel trasmettere dal Sole alla Terra l'immensurabile influenza dell'attrazione centrale (§ 23).

§ 102 *Qualunque sieno le agitazioni nel corpo diatermico, la trasmissione calorifica si effettua sempre — Ogni trasmissione calorifica si effettua rapidamente.*

Qualunque sieno le agitazioni che si possano produrre nell'aria, essa prestasi ugualmente alla irradiazione del calorico; imperciocchè la dilatazione calorifica non deve passare successivamente per tutti i suoi strati: essi al contrario debbono rimanere quali sono: tutte le rispettive molecole restano nello stato di propria unione, restano in moto o pure in quiete, come ad esse conviene stare. L'effetto totale della influenza calorifica deve essere trasmesso per mezzo della massa totale dell'aria, come per mezzo di uno stromento, sino a quei corpi che sono realmente suscettivi del dilatamento molecolare.

Da ciò si comprende ancora, perchè la irradiazione del calorico si effettua con una rapidità niente dissimile da quella della luce (§ 97). Conciosiachè la dilatazione calorifica nel caso dell'irraggiamento non attacca successivamente, e di una in una, tutte le molecole del corpo diatermico, nè produce in esse verun cangiamento dello stato di densità: quindi non bisogna un tempo materiale, come bisogna nella propagazione successiva dello stato di calorico. — La massa dell'aria, che prima trasmetteva la influenza semplice di uno specchio metallico all'altro opposto, in un momento riceve su tutta la sua massa una nuova influenza di azione calorifica per effetto della palla incandescente, che viene a collocarsi nel foco di uno dei due specchi. Essa dunque nel far sentire all'altro specchio l'effetto totale d'influenza ricevuta, non può fare a meno di comunicarla secondo il modo, in cui la riceve: perciò, senza perdita veruna di tempo, come da un punto riceve la influenza della dilatazione calorifica, nell'altro estremo opera n' influenza analoga.

§ 103 *Differenza tra i corpi diatermici ed i cattivi conduttori —
Variazioni della diatermasia in uno stesso corpo.*

Siegue pure da quanto ho detto, che i migliori corpi diatermici debbono esser quelli, le cui molecole son meno disposte a subire la dilatazione calorifica. — Fa d'uopo distinguere i corpi non disposti a subire la dilatazione calorifica, dai corpi non conducenti. I primi son quelli che hanno una tale *saldezza* nella loro densità molecolare da non cedere che difficilmente alla forza della dilatazione, o pure alla forza antagonistica del restringimento. E tali infatti sono l'aria, il salgemma, il cristallo di rocca, il vetro ec. I secondi son quelli che o per troppa eterogeneità di molecole, o per troppa porosità, non possono propagare in modo uniforme la dilatazione calorifica ricevuta (§ 93, 94). I primi sono diatermici; i secondi sono non buoni conduttori, ma non sempre diatermici.

Inoltre, siccome un'innalzamento fortissimo di temperatura è capace di produrre lo stato di dilatazione calorifica nelle molecole che son meno disposte a dilatarsi, vincendo la più forte *saldezza* della loro densità, quindi è che la diatermasia non deve nei corpi essere costante sotto a qualunque grado di calorico; imperocchè essa diatermasia va discemando, come vien crescendo l'attitudine di un corpo a ricevere nelle proprie molecole la dilatazione calorifica.

Altri corpi son capaci di una dilatazione calorifica sino ad un determinato punto, e poscia si arrestano dal dilatarsi; come altri sino ad un certo punto non provano la detta dilatazione, poscia incominciano a sentirla, e quindi si arrestano altra volta, per tornare a riceverla ad un grado di temperatura più avanzata. — Tutte queste variazioni dipendono da che le molecole ora divengono più salde, ora divengono men salde nella loro densità, a tenore della disposizione che prendono i loro elementi costitutivi. — E perciò si osserva, che la dia-

termasia incomincia alle volte da un determinato grado sopra un corpo che vien sottoposto a temperature alquanto elevata; ed altre volte si presenta a periodi intermittenti, secondochè le molecole si prestano o non si prestano a ricevere la dilatazione calorifica. Così il salgemma è quasi diatermico completamente, l'allume pochissimo, e tanto meno per quanto minore è la temperatura della sorgente.

CAPO III.

DELLA TERMOCROSI PER TRASMISSIONE E PER PROPAGAZIONE.

§ 104 *Per qual ragione la trasmissione o la propagazione del calorico sieno talvolta accompagnate da termocrosi.*

Comprenderassi era facilmente, che il calorico si dovrà rifrangere, o ne dovrà accadere la *termocrosi*, tutte le volte che il corpo diatermico è capace di trasmettere l'azione calorifica secondo differenti direzioni. Ciò avviene, perchè nessun corpo diatermico è tale da non dover soffrire nessuno, anche minimo, grado di dilatazione nella sua densità molecolare; imperciocchè sia qual si voglia la saldezza della detta sua densità, sia permanente quanto si voglia l'equilibrio o stabile o mobile esistente fra le sue parti, sempre alcune molecole, ed in ispecie quelle che son più vicine alla sorgente, risentono la dilatazione calorifica dilatando anch'esse la loro densità; ed in conseguenza il corpo diatermico, che ritiene fra le sue molecole una porzione, anche picciolissima, di quella dilatazione, non può ripeterne sugli altri corpi distanti dalla sorgente tutta quella quantità che da essa ne ha ricevuto.

Dippiù, siccome le molecole del corpo diatermico, non sono disposte nella stessa guisa per tutte le falde, perciò la irra-

dilatazione calorifica, che lo attraversa, può subire un variazione nella sua direzione; molto più, quando il corpo diatermico trattiene qualche piccola parte di dilatazione calorifica fra le sue molecole, e non la trasmette per intero, come testè io dissi.

Nella propagazione dello stato di calorico, non meno che nella trasmissione, si possono effettuare la refrazione e la termocrosi. Quando la dilatazione calorifica propagasi di falda in falda uniformemente tra tutte le molecole di un corpo, allora il suo cammino va per linee uguali, e non si osserva nessuna refrazione. Al contrario, quando la propagazione calorifica cammina nelle diverse falde con gradi di resistenza sempre differenti, allora il suo procedimento non va più per linee uguali; e perciò la dilatazione emergente in forma di raggio cangia direzione ed intensità, ch'è quanto dire, si rifrange.

Questa è la ragione, per la quale la refrazione del calorico succede non solamente nei corpi diatermici, ma benanche negli adiatermici. Tanto negli uni, quanto negli altri, quando hanno il potere rifrangente, devono esistere un certo numero di molecole, segnatamente nei primi loro strati più vicini alla sorgente, che debbono far deviare la prima propagazione calorifica: in conseguenza, la direzione dei raggi nei corpi diatermici, e la direzione della conducibilità negli adiatermici prova cangiamento, siccome eziandio prova cangiamento il grado della intensità.

§ 103 *Come sia possibile la termocrosi nei corpi adiatermici — Esempi di termocrosi in corpi diatermici e adiatermici.*

Naturalmente si concepisce un senso di meraviglia nell'osservare la colorazione del calorico a traverso i corpi adiatermici: il qual fenomeno si presenta tutto diverso da quello che suole succedere nella colorazione della luce. Imperciocchè si sa, che i raggi lucidi si colorano tutte le volte che

passano a traverso dei corpi diafani, i quali abbiano un diverso potere rifrangente, opure tutte le volte che sono in parte riflessi ed in parte rifratti sugli orli delle lamine sottili: ma quando s'imbattono in corpi totalmente opachi, sono interamente assorbiti, e cessano dal comparire più in nessuna guisa. Il calorico però passando per corpi adiatermici, senza pure essere riflesso nè rifratto su orli di lamine sottili, presenta sovente il fenomeno della termocrosi. Così la carta è un corpo adiatermico termocroico: essa non trasmette la irradiazione del calorico, perchè le sue molecole son capaci di prendere tutta a sè la dilatazione calorifica che ricevono dalla sorgente; frattanto, dopo che esse si sono saturate della dilatazione loro competente, propagano al di fuori il restante calorico ricevuto, colorandolo. Il vetro è un corpo diatermico, perchè trasmette la irradiazione calorifica; ma termocroico, perchè la irradiazione esce colorata. Il salgemma è un corpo diatermico termocroico, imperciocchè trasmette la irradiazione calorifica senza colorarla.

Il vetro e la carta, sebbene dissimili in ciò, che uno trasmette i raggi calorifici, e l'altra non li trasmette, il primo diatermico e la seconda adiatermica, pure convengono entrambi in quest'altro punto, che le loro molecole assorbono una porzione della dilatazione calorifica ricevuta, e fan sì che essa cangi direzione; perciò il calorico, che si trasmette dal vetro per diatermasia, esce rifratto secondo la direzione, e colorato secondo la intensità; il calorico, che si propaga per mezzo della carta, dopo che se n'è saturata, esce pure rifratto secondo la sua direzione, e colorato secondo l'intensità: entrambi sono termocroici.

Il salgemma aver deve una tale disposizione di molecole, che non assorbe nessuna parte di calorico, opure che ne assorbe una piccolissima quantità sotto costante ed uniforme direzione. Infatti il salgemma è uno dei cristalli, la cui disposizione è più regolare degli altri: inoltre Pouillet ha provato, che il raggio calorifico trasmesso per una lamina di

salgemma perde appena $\frac{1}{13}$ della sua intensità; e nello stesso tempo ha dimostrato che questo $\frac{1}{13}$ di calorico è piuttosto riflesso dalla lamina medesima, e niente o pochissimo assorbito.

§ 106 *Ragioni della termocrosi, — e delle altre proprietà pertinenti al cammino del calorico.*

Secondo questi principii, la termocrosi è relativa e proporzionale alla diversa densità e disposizione delle molecole, che soggiacciono alla dilatazione calorifica della sorgente, siccome la diatermasia è proporzionale alla *saldezza* della densità che han tra loro le stesse molecole (§ 103). Imperciocchè, se esse o mobilmente o stabilmente sono tra loro equilibrate, in modo, che stieno *salde* nella loro interna densità, e non ricevano affatto, opure ricevano assai poca dilatazione calorifica, allora il calorico che viene dalla sorgente si troverà non propagato, ma trasmesso tutto quanto all'altra estrema parte del corpo diatermico: sempre però con quelle rifrazioni e colorazioni, che gli han dovuto dare le molecole di esso corpo per la speciale loro densità e disposizione.

Secondo questi stessi principii è agevole persuaderci, che il potere assorbente, il potere riflettente, il potere emissivo, il potere rifrangente dei varii corpi relativamente al calorico, si riducono tutti alla disposizione e densità che han le molecole per ricevere o non ricevere la dilatazione calorifica, per propagarla o per trasmetterla, per rimbalzarla da uno all'altro corpo, o finalmente per rifrangere la direzione e colorarne la intensità. — Mi astengo qui dal venire a particolari dettagli sopra queste leggi d'irradiazione calorifica, riservandomi a trattarne, qualora parlerò della irradiazione della luce.

In conseguenza, distrutta l'ipotesi del calorico sostanza, •

stabilita la teoria che il calorico altro non è, fuorchè la dilatazione della densità molecolare (§ 40), tutti i fenomeni della propagazione e della trasmissione del calorico riduconsi alla loro unica spiegazione completa e naturale.

SEZIONE IV.

DEGLI EFFETTI DEL CALORICO

Sotto il nome di *Effetti del Calorico* riunirò tutte quelle conseguenze che si osservano sovra i corpi, quanto volte sòno investiti dalla dilatazione calorifica.

CAPO I.

DELLA DILATAZIONE DEI VOLUMI PRODOTTA DALLO STATO DI CALORICO.

§ 107 *Quali sieno i corpi che dilatino meglio il loro volume sotto lo stato di calorico, ed al contrario.*

Fin qui ho detto sempre il calorico consistere nella dilatazione della densità delle molecole, niente ancora avendo parlato della dilatazione di volume, che soffrono per ordinario le masse sottoposte all'azione calorifica. — Or è chiaro, che nei corpi composti di molecole omogenee, specialmente quando sono ben depurati da ogni estranea sostanza, la dilatazione molecolare deve portare con sè la dilatazione del volume. Quindi i metalli, per quanto più son puri, tanto meglio dilatano il loro volume, essendo sotto lo stato di calorico.

Accade però che alcuni metalli sieno assai porosi: essi, siccome riflettei sopra (§ 49), ricevono la dilatazione calorifica, come se fossero misti di sostanze eterogenee: in fatti i

loro pori sono pieni di aria o di altra sostanza gassosa. Perciò la dilatazione del volume in tai metalli non si osserva eguale a quella di altri metalli men porosi. Ne è un esempio il platino, che dilata il suo volume meno dell'argento, dello stagno, del ferro, dell'ottone ec. essendo tutti ad egual grado di temperatura. Il platino è estremamente poroso.

Alcuni cristalli, secondochè ha scoperto Mitscherlich, si dilatano disugualmente in tutte le loro direzioni; e possono in una direzione restringersi, mentre dilatansi in un'altra: ciò accade nei cristalli non equiassi, come nei romboedri di carbonato calcareo. È mestieri, che in tali cristalli vi sieno linee assai diverse di densità molecolare; perlocchè, mentre talune soffrono la dilatazione, altre per antagonismo la compensano restringendosi. In tali cristalli il potere assorbente del calorico deve essere grande, o in altri termini, non vi deve essere nè propagazione nè trasmissione di dilatazione calorifica, perchè vi ha pronto ed interno compenso. Ma se la sorgente calorifica l'investe con una forte corrente di dilatazione, il compenso interno non si può effettuare completamente, e lo stato di calorico si propaga, ovvero si trasmette, secondo la speciale densità molecolare e secondo l'intreccio delle direzioni di essi cristalli. Laonde sarebbe ottimo provare col termo-moltiplicatore i corpi anzi-detti sotto a deboli gradi, o sotto a forti gradi di temperatura, per vedere o il totale assorbimento dello stato calorifico, o il cangiamento della direzione e della intensità.

§ 108 *Alcuni corpi sotto lo stato di calorico restringono il lor volume — Perchè?*

Alcuni altri corpi nello scaldarsi sogliono restringere il loro volume: parrebbe quasi, che in essi la densità molecolare non ricevesse dilatazione alcuna, anzi si restringesse, contro all'espressa teoria che noi abbiamo stabilita sulla vera natura del calorico. — I legni, la carta, la seta, i capelli, le sostanze

animali, le argille sogliono contenere molta quantità di acqua, o di altro fluido rannicchiato nelle loro cellule, il quale per l'azione del calorico si evapora: perciò i detti corpi si dissecano e si contraggono. Il pirometro di Wedgwood è fondato sulla particolarità del restringimento di volume che soffre l'argilla bianca, allorchè vien'esposta alle alte temperature delle fornaci. In tal caso sembra non esservi la sola evaporazione, ma secondo opinia la maggior parte dei Fisici, vi ha una più fitta condensazione, un congiungimento più intimo delle molecole fra loro. Il quale più intimo congiungimento non si potrebbe operare, se non vi fosse una pretta disuguaglianza di densità nelle molecole dell'argilla, e se non si mettessero insieme in azione le forze ehimiche, che tendono a fondere e riunire più strettamente tra loro quelle molecole, quando sono arrivate alle più alte temperature.

Infatti è vero, che quante volte il calorico giunge ad eccitare nei corpi lo stato chimico, la dilatazione del volume cangia di repente le sue proporzioni, alle volte accrescendosi rapidamente ed straordinariamente, talchè accade ancora la improvvisa formazione ed esplosione dei gas; alle volte restringendosi tutta ad un tratto per la più intima ammolecollazione, che le forze chimiche producono.

§ 109 *Dilatazione del volume dei liquidi sotto lo stato di calorico, — principalmente dell'acqua.*

I liquidi si dilatano anch' essi nel volume per l'influenza del calorico, ma gli aumenti di tale dilatazione non corrispondono grado per grado agli aumenti del calorico. L'acqua, secondo Despretz, da 0° sino a circa 4° C. restringe il suo volume di $\frac{1}{10000}$: da tal punto di massimo restringimento incomincia un'altra volta a dilatarlo; verso 8°,2 C. ha il volume che aveva a 0°: da quel punto fino a 100° C. il volume cresce sino a 0,043. La ragione di quel primitivo restringimento

si è che tra le molecole dell'acqua sono frammiste molecole di aria, le quali per effetto dello stato di calorico dilatando la loro densità, si separano dall'acqua; laonde la massa aquea, che in quel punto deve rimpiazzare il loro posto, decresce di volume. Arrivata a 4° C. tutte le molecole straniere sono già espulse, perciò essa comincia a crescer di volume coll'aumentar del calorico. Questo stesso fenomeno si ripete in altri liquidi, che contengono qualche porzione di aria o di altro gas in mezzo alle loro molecole.

La equabilità della dilatazione di volume sotto lo stato di calorico si sperimenta più manifestamente nel mercurio, come se ne assicurò Deluc; ma gli altri liquidi non si dilatano sempre equabilmente, e la ragione si è che son composti di molecole eterogenee, o contengono altre sostanze in dissoluzione, o sono mescolati a gas, o finalmente per causa dei gradi crescenti di calorico incominciano ad entrare nello stato chimico.

§ 110 Dilatazione di volume dei gas e dei vapori sotto lo stato di calorico — Se mai vi sieno gas che si restringano.

I gas ed i vapori per effetto del calorico si rarefanno. Sino a poco tempo indietro fu opinione quasi comune, che i gas semplici fossero ugualmente dilatabili; ma le indagini di Magnus e di altri Fisici han provato che ciò non è vero; bensì il coefficiente della dilatazione di molti gas, ed anche dei vapori presenta piccole differenze.

Non si conosce ancora un gas, che per effetto del calorico soffra restringimento di volume, come osservasi nell'acqua, nelle argille, ed in altri solidi. La ragione di ciò risiede nella natura stessa dei gas, i quali non hanno una stretta coesione tra le loro molecole: appena perciò sono investiti dalla dilatazione calorifica, non possono, come i cristalli non equiassi, dilatarsi per una direzione, e restringersi per un'altra (§ 107). Inoltre, i gas sono ordinariamente invisibili: noi sogliamo chiuderli dentro una vescica, o dentro qualunque altro reci-

piente. Se vi è miscuglio di gas, e se alcuni sono più dilatibili, altri meno, come certamente dev'essere, non si può scorgere il restringimento del volume di un gas e la espansione di un altro, nè si può con precisione determinare qual sia dei due gas mescolati quello che dà i segni manifesti della dilatazione.

L'acqua, allorchè incomincia a riscaldarsi da 0° sino a 4° C. fa vedere sensibilmente il restringimento del suo volume (§ 109), e l'aria che in essa è contenuta, essendo invisibile all'occhio nudo, mentre si dilata, sfugge. Ma due gas egualmente invisibili, misti insieme e chiusi in una stessa vescica, allorchè venissero a separarsi mutuamente per la diversa dilatazione che ognun di essi riceverebbe dalla sorgente calorifica, non potrebbero visibilmente manifestare la loro separazione; ed altronde la dilatazione della vescica succederebbe sempre, senza potersi determinare per quale dei due gas sarebbe cagionata.

CAPO II.

DELLA EBOLLIZIONE E DELLA EVAPORAZIONE

§ 111 *Il punto della ebollizione è vario secondo i liquidi, secondo i luoghi, secondo il vase, e secondo le sostanze immerse nei liquidi.*

Uno degli effetti importanti del calorico si è la ebollizione dei liquidi, sulla quale osserverò poche cose.

Il punto della ebollizione non è uguale nè per tutti i corpi, nè per tutti i luoghi della terra, nè per tutti i vasi. L'etere cloroldrico bolle a 11° C. l'etere solforico a 36°, l'etere acetico a 71°, l'alcool a 73° circa, lo zolfo a 299°, il mercurio tra i 350° ed i 356°,25. Le varie soluzioni saline bollono a differenti gradi, ma sempre in gradi più elevati del punto in cui bolle l'acqua pura. Quando però i corpi, che si trovano

158 LIBRO I, SEZIONE IV, CAPO II.

nell'acqua, non sono con essa chimicamente combinati, non ne ritardano punto la ebollizione consueta.

Dippiù è noto che, col variare della pressione atmosferica, varia benanche il punto della ebollizione. A Quito l'acqua bolle a 90° , mentre a Roma bolle a $99^{\circ},8$. Sul Monte Bianco l'acqua bollirebbe a $8\frac{1}{2}^{\circ}$. Artificialmente questo stesso si ottiene per mezzo della macchina pneumatica; perocchè fatta con essa la sottrazione dell'aria, e ridotta la tensione a 30mm, l'acqua con la semplice temperatura di 30° si mette in ebollizione. Potrebbe benanche farla bollire a 0° , se i nostri stromenti potessero arrivare a produrre e sostenere una tensione di 5mm.

Finalmente il vase concorre assai al ritardo o all'acceleramento della ebollizione. Così in un vase di vetro la ebollizione succede ad un grado di temperatura maggiore, che in un vase di metallo. Al contrario, succede ad una temperatura minore del vase metallico, quando il vetro sia internamente rivestito di zolfo, o di gomma lacca. In un vase molto poroso, o con piccole fessure per le quali vi ha continua percolazione del liquido interno, il punto della ebollizione soffre un gran ritardo. Se poi le pareti del vase hanno una naturale adesione col liquido ch'esse contengono, il punto della ebollizione si ritarda ancora, e viceversa.

Se in un vase vicino alla ebollizione si gittano dei corpi con piccioli pori, come pomice, seta, cotone, o altro simile, la ebollizione si sviluppa più presto; ed allora non incomincia dal fondo del vase, come suole per l'ordinario, ma incomincia d'intorno al corpo poroso.

Tutti questi fatti provano meravigliosamente, che il calorico consiste nella dilatazione della densità molecolare, e che non sia una sostanza per sè.

§ 112 *Si confuta l'ipotesi, che le bolle sieno formate mercè l'assorbimento della sostanza calorico — Si spiega perchè la varia pressione atmosferica concorra alla varietà della ebollizione.*

Se il calorico fosse una sostanza per sè, le bolle del vapore aqueo dovrebbero costantemente assorbire una determinata dose di questa sostanza calorico. Il variare dei liquidi, o della pressione atmosferica, o della natura del vase, non potrebbero mai produrre l'effetto, che una molecola di vapore fosse formata ora con gradi maggiori, ora con gradi minori della sostanza calorico.

Or la molecola di vapore che si forma sotto alla pressione di 30mm con la temperatura di 30° C. non può assorbire tanto calorico, quanto ne assorbe la molecola di vapore a Roma, dove la pressione atmosferica è di 756mm, e l'acqua bolle a 99°,8. Forse la maggior pressione fa sì, che il calorico si comunichi, o si assorba più lentamente ed in minor copia? Ma ciò non è sempre vero; perchè i Fisici osservando nella pignatta di Papin la decomposizione di sostanze animali, che sotto qualunque ebollizione non sarebbero state disciolte, dicono che i gradi del calorico in essa pignatta si aumentano assai al di là del consueto grado di 100° C. non ostante la immensa pressione che esercitano i vapori ivi racchiusi, i quali impediscono la ebollizione. Dunque, sotto le pressioni più gravi non manca la copia del calorico, affinchè le molecole aquee possano assorbirlo per convertirsi in vapori. Perchè dunque le bolle non si sviluppano?

Posto però che il calorico consista nella sola dilatazione della densità molecolare, siccome finora ho sostenuto; e posto ancora che ad ogni dilatazione molecolare deve corrispondere in antagonismo un proporzionale restringimento o lontano o immediato, e viceversa (§ 18, 61), ne siegue per legittima conseguenza, che diminuita una pressione, si dimi-

nuisce una forza di restringimento, e la forza di dilatazione deve in proporzione aumentarsi. Se fosse possibile togliere da sopra l'acqua la gran pressione di 760mm che vi esercita l'aria atmosferica, l'acqua dovrebbe dilatare in forma di bolle vaporose, anche senza il concorso di nessuna sorgente calorifica, e ad una temperatura sotto 0°. — Le bolle dunque non s'impregnano della sostanza calorico, nè il calorico è quello che le produce e le dilata: si è appunto la mancanza della pressione restringente, che dà luogo allo stato antagonistico: e perciò la ebollizione può avverarsi sotto a qualunque temperatura, ma non sotto a qualunque pressione. Infatti, raccogliendo tutto il già detto, nella pignatta di Papin, dov'è gravissima la pressione, non vi ha ebollizione sotto a qualunque più alta temperatura, mentre nella campana pneumatica si avrebbe la ebollizione a 0° sotto la pressione di 5mm. Qui pure fa d'uopo richiamare alla memoria quello ch'io dissi intorno al doppio fenomeno dei vapori e degli aghi di ghiaccio sotto il vuoto pneumatico (§ 66, 67).

§ 113 *Si spiega perchè le diverse nature dei liquidi, dei vasi, e dei corpi gittati nei liquidi, concorrano con diversa ragione ai fenomeni della ebollizione.*

La natura eziandio del liquido o della soluzione deve necessariamente concorrere allo sviluppamento delle bolle. Imperciocchè i liquidi, nel passare allo stato di vapori, dilatano sommamente la densità delle loro molecole, senza però che le convertano in molecole di altra specie. Ora, essendo differente la saldezza della densità molecolare secondo il numero e la disposizione delle parti costitutive, ne siegue che non tutti i liquidi in egual tempo, nè sotto ad eguali gradi di dilatazione calorifica, possano dilatare lo stato della loro densità per trasformarsi in vapori.

Così ancora, secondo la varia natura del vase deve variare il momento della ebollizione. Il vase propaga nel liquido lo

stato dalla dilatazione calorifica secondo la speciale densità delle sue molecole. Per conseguenza in un vase metallico, che è buon conduttore, si deve avere una più pronta propagazione, che non si ha in un vase di vetro, il quale è cattivo conduttore. — Il vetro però è buon trasmettitore (§ 100); e perciò, se la dilatazione calorifica non si può per suo mezzo propagare, si deve benissimo trasmettere. — Ma a chi si deve trasmettere? All'acqua, o altro liquido ch'esso contiene. L'acqua però, e gli altri liquidi in generale non sono buoni conduttori del calorico, e sono in gran parte analoghi al vetro stesso che non si presta alla dilatazione calorifica. Ora lo stato di calorico trasmesso per irradiazione va a cadere più facilmente sui corpi che sono ben disposti a riceverlo nelle loro molecole, e più difficilmente sopra di quelli che sono o poco o nulla disposti (§ 101). Perciò l'acqua riceve dal vetro il calorico trasmesso con maggiore difficoltà e con più lentezza.

Se però dentro il vetro si ponesse una sostanza, le cui molecole fossero ben disposte a ricevere la dilatazione calorifica, allora la trasmissione per mezzo del vetro cadrebbe tutta sopra di esse; ed oso dire, che la ebollizione in tal caso si deve sviluppare più presto, che se la stessa sostanza fosse posta dentro un vase di metallo, anzichè in un vase di vetro. Ciò si potrebbe comprovare colla esperienza, mettendo p. e. del piombo in un vase di vetro, ed in un vase di metallo, e somministrando ad entrambi i vasi un grado sempre eguale di calorico: io dico, che il piombo si dovrà più presto liquefare nel vase di vetro che in quello di metallo, per la ragione che nel primo la dilatazione calorifica si trasmette quasi tutta quanta; nel secondo, dovendo essa camminare per propagazione, una certa parte benchè piccola deve rimanere nelle molecole dello stesso metallo — Per questo il vase di vetro intonacato internamente di zolfo o di resina si presta bene allo sviluppo della ebollizione.

La ragione, per cui i corpi porosi accelerano la ebollizione, si è quella, che negli interstizii di essi corpi si annida aria o

altro gas, i quali sono più pronti dell'acqua ad innalzarsi per la loro minore gravità. E per questa stessa ragione le bolle incominciano d'intorno ai medesimi corpi porosi, e non dal fondo del vase.

§ 114 *Della evaporazione senza ebollizione — Della tensione dei vapori.*

La evaporazione in certi casi è effetto della ebollizione, la quale alla sua volta è effetto dello stato di calorico, oppure della diminuita pressione, siccome innanzi abbiám detto (§ 112); in certi altri casi la evaporazione non proviene da ebollizione, e ciò accade tutte le volte che la dilatazione calorifica attacca il liquido, non mai dalla sua base inferiore, ma dalla sua base superiore. Così un lago di acqua esposto ai raggi solari evapora in tutta la sua superficie, ma le bolle non si sviluppano; eccetto il solo caso, che non succeda pure uno stato di dilatamento calorifico nel fondo del lago, come per ordinario suol'essere, quando colà si opera qualche decomposizione chimica delle sostanze entrate in macerazione. — Sotto la campana pneumatica l'acqua pure evapora, perchè la dilatazione calorifica dell'aria rarefatta attacca la superficie di detta acqua, e non la base inferiore. Nè si deve dubitare, che l'aria rarefatta nel vuoto artificiale non produca dilatazione calorifica, avvegnachè si sappia che i corpi dentro il sudetto vuoto mostrano segni di raffreddamento: la ragione dell'abbassamento del termometro dentro il vuoto pneumatico fu da me spiegata a sufficienza nel § 67. Per altro, se i corpi nel vuoto pajono raffreddarsi, essi son disposti a bollire coi più piccoli gradi di calorico (§ 111).

È una cosa indubitata, che i vapori esercitano una tensione, la quale dai Fisici è stata calcolata. Tale tensione suol'essere corrispondente allo ingrandimento di volume, che soffre la molecola d'acqua o di altro liquido, allorchè passa allo stato di vapore. Una goccia di acqua, allorchè diventa

vapore, s'ingrandisce 700 volte più del suo volume. — È naturale il richiederlo: chi dà mai tanta forza di tensione al vapore? chi fa che una goccia d'acqua s'ingrandisca tanto?

§ 115 *Si rifiutano le ipotesi fatte per sostenere la supposizione, che i vapori s'innalzino mercè l'assorbimento della sostanza calorico.*

Per una regola in Fisica abbiamo, che il calorico è quello che dilata il volume dei corpi: abbiamo per un'altra regola, che un corpo, quando dilata il suo volume, assorbe calorico e lo rende *latente*. Or si domanda: è il calorico che produce la dilatazione di volume nel vapore aqueo, oppure il vapore, già dilatato per tutt'altra cagione, viene ad assorbire il calorico? Non si può ammettere nè l'una nè l'altra ipotesi, supponendo che il calorico sia sostanza.

Io dimostro (§ 66), che se la sostanza calorico fosse la cagione dello innalzamento dei vapori, non si dovrebbe vedere dentro il vuoto pneumatico il doppio contrario effetto della evaporazione e dell'agghiacciamento dell'acqua.—Volete che l'accrescimento del vuoto sia la causa della evaporazione? continuando ad accrescersi il vuoto, dovrebbero sempre più prodursi vapori, e non congelamento. Molto più, che i vapori innalzati dileguansi tosto, perchè sono assorbiti dall'acido solforico. E si sa, che ritornando i vapori allo stato liquido producono calorico. Infatti un chilogrammo di vapore condensandosi, senza che muti temperatura, è capace, giusta le osservazioni di Pouillet, elevare di 1° chilogrammi 350 di acqua; 207,7 d'alcool; 96,8 di etere solforico; 76,8 di essenza di terebentina. Perciò, allorquando i vapori sono assorbiti dall'acido solforico, dovrebbe succedere quello che si osserva sulla superficie di un lago, esposto bensì ai raggi solari, ma ventilato: la falda dei vapori formatasi sul lago per la dilatazione calorifica del Sole, venendo tostamente portata via dal vento, dà luogo alla sollevazione più pronta della

seconda falda dei vapori; perciò la evaporazione si rende più continua e più copiosa, ed il lago si dissecca più presto che non si sarebbe disseccato, se fosse stato solamente esposto ai raggi del Sole senza la ventilazione.

Nè si può ammettere la seconda ipotesi; perchè, se il vapore non è cagionato dal calorico, da qual' altra causa può esser mai prodotto? E perchè mai i vapori nel sollevarsi dovrebbero assorbire il calorico, e dovrebbero renderlo latente?— I Fisici, prima di ricorrere all'ipotesi del calorico latente, dovrebbero decifrare, se è il calorico che di suo arbitrio e per forza propria si fa latente, o pure se è una necessità imperiosa ed una forza estrinseca che lo costringe ad occultarsi.

I vapori sono necessariamente prodotti o nel mezzo dei liquidi o nella loro superficie, tutte le volte che o in mezzo ad essi o alla loro superficie si sviluppa per qualunque siasi causa uno stato di dilatazione. I vapori, che si formano, sono in proporzione stretta coi gradi della dilatazione sviluppata, a tal segno che i vapori stessi, se son impediti dal potersi volatilizzare, esercitando una vera pressione sulla superficie del liquido in cui nacquero, impediscono pure la formazione di altri vapori, accrescasi quanto si voglia la temperatura del liquido. Ciò si osserva nella pignatta di Papin.

§ 116 *Com'è possibile, che un'alto grado di dilatazione nella densità molecolare non porti seco la dilatazione del volume?*

Si potrà fare un'obbiezione, deducendola dal citato esempio della pignatta di Papin. Imperocchè in essa, sebbene le bolle sieno impedita dalla pressione dei vapori ivi racchiusi, pure il liquido prende gradi di calorico molto superiori alla ebollizione ordinaria, tanto che le sostanze animali, che resistono, come dissi sopra (§ 112), a qualunque acqua bollente, colà si disciolgono. Sembra dunque, che un'alto grado di calorico possa esistere in un corpo, tuttochè sia in esso impedita la dilatazione, e per conseguenza, che il calorico non consista

veramente nel detto stato di dilatazione, al contrario di quanto ho stabilito.

Ma la obbiezione non regge: perocchè la dilatazione calorifica non attacca direttamente il volume, bensì la densità delle molecole, in guisa che può benissimo succedere una forte dilatazione colorifica nella densità molecolare senza accrescimento di volume. Questo caso avviene precisamente, quando in un determinato vase si opera qualche risoluzione chimica, la quale dà luogo a nuove ricomposizioni. Potendo allora accadere benissimo, che la risoluzione di alcune molecole sia compensata da quell'altre che si ricompongono, succederà dentro lo stesso spazio, e senza cangiamento di volume, una dilatazione di densità molecolare compensata da altrettanto restringimento. — Infatti nella su cennata pignatta di Papin si operano contemporaneamente decomposizioni e ricomposizioni chimiche moltissime; e se si potesse immergere in essa un termometro serrato da ogni parte, affinchè non restasse fessura da poterne uscire i vapori, si vedrebbe segnato in quel termometro il più alto grado di temperatura, ma la ebollizione non si affaccerebbe mai.

CAPO III.

DEI MUTAMENTI DI COESIONE TRA LE MOLECOLE PER CAUSA DEL CALORICO.

§ 117 *Il solido può passare allo stato liquido col semplice cangiamento di coesione tra le molecole, senza che esse debbano sempre cangiar natura.*

I solidi sono di due specie: alcuni composti di molecole, le quali tendono alle chimiche combinazioni secondo il numero e la disposizione delle parti elementari, val quanto dire, secondo, le loro affinità chimiche (§ 16): altri solidi son com-

posti di tali molecole, che per ragion di numero e disposizione di parti si possono lungo tempo mantenere nel loro sistema di equilibrio molecolare, senza subire nessuna decomposizione chimica. — Inoltre, i solidi, che sono disposti per le loro affinità ad entrare nel chimismo, non tutti vi entrano sotto i medesimi gradi di temperatura imperocchè le affinità chimiche agiscono talvolta sotto una temperie più debole, talvolta però han bisogno di un grado assai avanzato di calorico.

Frattanto tutti quei corpi, i quali soffrono certi gradi di calorico senza cangiar natura di ammolecolazione, possono cangiare stato di densità molecolare, passando da solidi a liquidi, e taluni da liquidi a fluidi elastici. L'oro, il rame, il ferro, molti altri metalli si liquefanno ad alte temperature, conservando sempre la integrità delle loro molecole: giungano ancora a volatilizzarsi, se sono sottoposti all'azione dei due poli di una pila vigorosa.

Il passaggio di un corpo dallo stato solido allo stato liquido non porta seco la necessità delle operazioni chimiche. Il liquido ed il solido differiscono, non già nel sistema di ammolecolazione, ma in quello di aggregazione. Come ognuno degli elementi semplici è circondato da un gruppo più o men denso di altri elementi, che costituiscono con esso un sol sistema, cioè una *molecola*, così ciascuna molecola è circondata da un gruppo di altre molecole, che costituiscono con essa un sistema di molecole cioè un'aggregato. Or, se l'aggregazione è stabile e ferma in guisa, che una molecola non possa affatto sciogliersi dalle sue compagne, e sia obbligata a mantenere con loro le medesime relazioni di contatto o movendosi tutte unite, o tutte unite restando in quiete, allora vi ha coesione tra le molecole, e l'aggregato che ne risulta è un *solido*. Quando però ognuna delle molecole, o pure ognuno dei primi corpuscoli possono facilmente separarsi uno dall'altro, e possono attaccare tra loro relazioni sempre nuove di contatto, allora vi ha poca coesione tra le molecole o tra i corpuscoli, e l'aggregato che ne risulta è un *liquido*. Veggansi i § 26 e 27.

Basta dunque, che il solido perda la coesione nell'aggregazione delle sue molecole, acciocchè tosto sia ridotto allo stato liquido: intanto il cambiamento avviene solo nella forma dell'aggregato, niente affatto perturbando la interna rispettiva composizione delle molecole. Quindi il ferro solido, ed il ferro liquido per fusione conservano le stesse molecole; cioè, ognuna delle molecole ferree conserva in ambidue gli stati lo stesso numero di componenti e la stessa loro disposizione.

§ 118 *Come i liquidi si convertano in gas, o in vapori — Differenza dagli uni agli altri — La vera diversità è tra i solidi e i fluidi.*

Quel che si è detto dei solidi, che passano allo stato liquido, si può dire dei liquidi, che si convertono in fluidi elastici. — I gas ed i vapori non differiscono dai liquidi in quella stessa proporzione, in cui questi differiscono dai solidi; dopochè i gas ed i vapori, non meno che i liquidi, non hanno coesione nelle loro molecole: scorrono, fluiscono per tutti i vasi, possono tra loro stessi formare delle correnti opposte. Per questa ragione i liquidi, i gas ed i vapori appartengono tutti alla classe dei fluidi.

Una differenza fondamentale tra gli uni e gli altri si è questa: i gas ed i vapori sono dilatabili in volume sino ad un grado straordinario, per non dire indefinito, sono ancora compressibili grandemente; i liquidi sono pochissimo dilatabili nel volume, e nulla o assai poco compressibili. Sembra perciò la principal differenza tra i liquidi ed i fluidi elastici consistere nella suscettività diversa, che hanno le loro molecole a dilatare la rispettiva densità. La molecola di un liquido ha una tale saldezza tra i suoi componenti per ragion della loro disposizione, che non può prestarsi nè al grado massimo della dilatazione, nè al massimo del restringimento. La molecola di un gas o di un vapore può contenere lo stesso numero di componenti, ma essi debbono essere disposti in modo

che possano prestarsi ai due estremi, al restringimento massimo, ed alla massima dilatazione.

Sotto questo riguardo i corpi tutti potrebbero essere divisi in due classi, *solidi* e *fluidi*. I solidi son composti di molecole coerenti tra loro, i fluidi di molecole o di corpuscoli non coerenti. Le molecole poi de' fluidi, andando a subire di grado in grado una dilatazione di densità sempre maggiore, ascendono per gli stessi gradi dallo stato di liquidi a quello di fluidi elastici.

§ 119 *Si spiega perchè la sola perdita della coesione, senza sviluppo di chimismo, sia bastevole onde i solidi divengano liquidi, ed i liquidi divengano fluidi elastici.*

È evidente, che quanto ho detto fin quà riguarda solamente quei corpi, i quali passano da uno stato ad un altro senza mutamento di ammolecolazione; conciosiachè, ogni qual volta l'ammolecolazione si cangia, vi ha decomposizione secondo le leggi chimiche. — Or, siccome alcuni solidi per causa del più lieve calorico entrano tosto nel chimismo, così alcuni liquidi v'entrano ancora sotto ad una bassa temperie: e perciò non son capaci di mantenere la integrità delle loro molecole sino al grado di trasformarsi in fluidi elastici. Ciò dipende sempre dal numero e dalla disposizione di quelle prime parti, che compongono le molecole; imperciocchè dimostrai fin da principio (§ 16), che le affinità chimiche dal numero delle parti e dalla loro disposizione dipendono.

Il calorico operando lo scioglimento dei solidi, e facendoli passare allo stato liquido, toglie solamente la forza di coesione tra le loro molecole. Intanto si sa, che i solidi nel divenire liquidi assorbono, ossia dissimulano calorico. — Or, com'è possibile capire, che per la sola ragione che si toglie la coesione tra le molecole di un corpo, il calorico sia costretto a nascondersi? Suppongo già, che il calorico sia una sostanza. — Al contrario, ponendo che il calorico non sia sostanza,

siccome le molecole del corpo solido vengono a ricevere dalla sorgente calorifica l'impulso dilatatore, costrette sono a dilatare la loro interna densità. Perciò si suol mostrare in primo luogo l'accrescimento del volume. Intanto la sorgente continua tuttavia a tramandare calorico: le molecole del solido, essendosi dilatata al grado massimo la loro densità, sono astrette a sciogliersi. Ora la interna saldezza dei componenti di una molecola è sempre maggiore, della coesione, che hanno le molecole tra di loro, per la ragione, che i gruppi primarii costituenti le molecole sono sempre meglio sistemati delle loro riunioni secondarie, da cui risultano gli aggregati. Perciò è, che prima di entrare le molecole nello stato di dissoluzione, vi entrano gli aggregati, perdendo la forza di coesione tra le loro molecole. — Laonde, arrivato un solido ad un grado forte di calorico, incominciano le sue molecole a dividersi una dall'altra: donde nasce lo scioglimento dell'aggregato, il quale, da solido che era, apparisce liquido.

Se le molecole di tal liquido saran tuttavia capaci di sostenere un'innalzamento ulteriore di temperatura senza cangiare stato di ammolecolazione, potranno eziandio arrivare allo stato di fluidi elastici, sollevarsi e spandersi nell'atmosfera.

§ 120 *Perchè i solidi si riscaldino meglio e prima dei liquidi.*

La dilatazione calorifica che parte dalla sorgente, allorquando va ad eseguire tali cangiamenti di stato in un corpo, non può restare intera nella sua quantità, come resterebbe, qualora p. e. fosse irradiata per mezzo di un corpo perfettamente diatermico e non assorbente. Il calorico, finchè attacca le molecole di un solido senza scioglierne la coesione, si va propagando di strato in strato secondo la speciale natura del solido medesimo: ognuna delle molecole, essendo stabilmente legata alle molecole circonvicino, riceve permanentemente da esso la dilatazione calorifica, e si dilata fintanto che può.

Quando però la coesione in un solido comincia a rompersi,

allora tra le molecole non vi ha più la mutua stabilità: ridotte esse allo stato liquido, possono reciprocamente dividersi, muoversi, agitarsi per tutti i lati, formare tante diverse correnti secondo l'impulso della sorgente calorifica e la reazione dei corpi antagonistici. Perciò una molecola liquida, essendo in contatto con un'altra che deve comunicarle la dilatazione calorifica, lungi dallo starle vicina e riceverla la conveniente dilatazione, come farebbe se fosse molecola di un solido, se ne allontana tostamente, e schiva così di dilatare la sua interna densità. — Questa è la ragione per la quale i liquidi, essendo sottoposti all'azione del calorico, si agitano e formano tante opposte correnti; imperciocchè le molecole liquide non partecipano con sottomissione e stabilità alla dilatazione calorifica, che viene ad esse comunicata; ma ne partecipano balzelloni, per varii scontri e per continuo conflitto tra di loro, obbedendo alla forza di resistenza che le allontana dalla dilatazione calorifica, ed alla forza della corrente che a più riprese ve le strascina.

Essendo dunque sì diversa la maniera di propagarsi il calorico nei solidi e nei liquidi, scende nitida la conseguenza, che in un corpo solido la dilatazione calorifica deve totalmente cangiare forme o modi, quando quello incomincia a fondersi e convertirsi in liquido. Non è dunque una sostanza imponderabile che si nasconde, non è una vera dissimulazione di calorico nel solido il quale diviene liquido; piuttosto è un vero cangiamento nel modo di propagarsi la dilatazione calorifica: imperciocchè, dicendola in breve, nello stato solido il dilatamento di densità si propaga *stabilmente* da molecola a molecola, nello stato liquido si propaga *mobilmente*.

Questa pure è la ragione, per cui vuolsi un maggior tempo a riscaldare un corpo allo stato liquido, anzichè a riscaldare lo stesso corpo allo stato solido. La coesione di una molecola con un'altra è gran ragione per facilitare la propagazione del dilatamento, e per mantenerla secondo linee costanti; mentre la mobilità delle particelle liquide fa a primo principio va-

riare la direzione del dilatamento calorifico, e produce quell'urto di molecole, che propriamente dai Fisici si è cominciato a chiamare *repulsione calorifica*. — Perciò in un liquido le correnti calde si mescolano alle correnti fredde, certe molecole men dilatate nuotano in mezzo ad altre molecole più dilatate, e perciò in ragione di antagonismo perdono a vicenda vigore ed intensità.

§ 121 *Perchè un liquido debba cagionare freddo nel trasformarsi in vapore — È falso, che in tale circostanza vi sia occultazione di sostanza calorico.*

Non avviene lo stesso quante volte un liquido passa allo stato di vapore o di fluido elastico, senza cangiare natura di molecole.

Si dice comunemente, che la evaporazione produce freddo, cagionando assorbimento o dissimulazione di calorico; ma veramente non si è studiata a sufficienza la ragione di tal raffreddamento. Il sagace Bellani diceva, che la evaporazione non fa mutare la temperatura del corpo che evapora, se non vi intervenga un'altra particolare causa raffreddante. — I vapori, sollevandosi dalla massa liquida, si mescolano all'aria atmosferica, e le comunicano la dilatazione calorifica di cui le loro molecole sono investite. Ma la superficie del liquido, che evapora, è quella appunto, su cui si effettua la dilatazione massima della densità molecolare; perlocchè le molecole che prima erano in essa superficie allo stato liquido, rendendosi vieppiù dilatate, sollevansi o distaccansi dalle altre molecole sottostanti. Perciò l'antagonismo alla dilatazione, che accade sulla detta superficie, non può trovarsi altrove che negli strati più profondi del liquido medesimo. Ed infatti il freddo ossia il restringimento della densità molecolare, incomincia dalle falde che sottostanno alla superficie evaporante, e si propaga ad un tanto numero di falde inferiori, quante sono necessarie per apprestare l'antagonismo competente alla dilatazione, che succede nella superficie.

Se accade il caso, che la evaporazione sia rapida, i vapori sieno presto assorbiti e portati via, la superficie evaporante sia molto estesa in confronto al liquido interno che deve compensare la dilatazione del vapore, e finalmente questo liquido sia d'ogni dove circondato da superficie evaporanti, allora suole seguirne la rapida congelazione, come nel caso dell'agghiacciamento dell'acqua circondata da etere che rapidamente si sprigiona (§ 62, 63), e come nel caso degli aghi glaciali, che si formano sotto la campana pneumatica, quando i vapori sono assorbiti dall'acido solforico (§ 66, 67).

Perciò in tutti i casi di evaporazione non v'ha un'occultazione vera della sostanza calorico, v'ha bensì una dilatazione calorifica, la quale viene ad essere compensata o in tutto o in parte sopra il liquido medesimo che evapora, e da ciò la produzione del freddo o dell'agghiacciamento; specialmente quando il liquido, che deve prestare il restringimento antagonistico, non trova da poterselo compensare sopra altri corpi (§ 63, 67). Ed è questa l'altra causa che bisogna intervenire, affinché il liquido evaporante divenga freddo, secondochè ha presentito il sudetto Bellani (§ 66).

§ 122 Dell'antagonismo che si mostra nella liquefazione dei solidi, e consolidazione dei liquidi.

Acciocchè si scorga chiaramente l'antagonismo, che passa tra la dilatazione calorifica che succede nella fusione dei solidi, ed il restringimento di densità che avviene nei liquidi quando passano allo stato solido, basta porre mente all'esperienza che si fanno da La Provostaye e Desains: essi osservano, come nel congelarsi lo spermaceo, la cera, lo stagno, si fondono in corrispondenza tante quantità proporzionali di ghiaccio; come viceversa il ghiaccio in fusione congela altri corpi liquidi in quantità proporzionali. Onde le sudette esperienze riescano, bisogna sempre che la compensazione antagonistica, o alla dilatazione o al restringimento, sia esclusiva.

mente fatta da quel corpo che si voglia o fondere o congelare. In modo che, se il corpo in fusione può dall'ambiente o da altri corpi circonvicini ricevere il compenso necessario per la sua dilatazione, allora non si ottiene la voluta congelazione dell'altro designato corpo; come al contrario, se il corpo che si congela, può ricevere il compenso antagonistico dai corpi circonvicini, non produce la fusione in quel corpo dove si vuole. Tutto ciò è sempre conforme a quanto si disse nei § 63 e 67.

§ 123 *Di alcuni liquidi che si dilatano nel volume consolidandosi, e di altri che non si dilatano — Ragioni rispettive.*

Potrebbe incontrarsi qualche difficoltà contro la teoria fondamentale del calorico da me esposta, per causa che i corpi passando dallo stato liquido al solido, nell'atto che cagionano freddo, principalmente l'acqua mentre si converte in ghiaccio, lungi dal restringere il loro volume, lo dilatano assai sensibilmente: l'acqua agghiacciata si espande a tal segno, che rompe i vasi, nei quali è contenuta. Parrebbe dunque che il freddo, e non il calorico, consistesse nella dilatazione della densità molecolare. — Ma questo fenomeno non si oppone affatto alla teoria, anzi la conferma. — I Fisici sanno, che il calorico dilata il volume dei corpi; intanto veggono, che l'acqua passata allo stato di neve dilata pure il proprio volume: per questo non si fanno nessuna meraviglia, nè cessano perciò di ripetere, che la dilatazione del volume è un effetto del calorico.

Egli è naturale, che alcuni liquidi nel divenire solidi debbono dilatare il loro volume. I cristalli ch'essi formano, collocandosi fra di loro in varii strati, e secondo differenti direzioni, lasciar devono degli interstizii, che vengon ripieni da liquido o altra sostanza più sottile. Perciò troviamo l'acqua di cristallizzazione la quale, se si paragona col liquido prima di cristallizzarsi, si trova in confronto assai meno densa, e

perciò più dilatata. — Nella cristallizzazione avvengono due stati contrarii dentro lo stesso liquido: le molecole, che si dispongono in forma di cristalli, restringono la loro densità; mentre le molecole liquide, che restano ad occupare gl'interstizii tra un cristallo ed un altro, soffrono una grande dilatazione, la quale è capace eziandio di trasformarli in fluidi elastici. Se si facessero esperienze a proposito sopra la neve, troverebbonsi in mezzo ai cristalli; vapori aquei che ne riempiono gl'interstizii.

Quando però alcune sostanze già liquefatte passano allo stato solido senza una speciale cristallizzazione, come lo spermaceo, la cera, il sego ec. allora il loro volume non si accresce, anzi si diminuisce, perchè le loro molecole restringono la loro rispettiva densità, ma non lasciano interstizii per essere occupati da verun vapore o gas. Quando si mescola alla cera qualche altra sostanza capace di sviluppare dei gas sotto l'azione del calorico, si osserva nella congelazione di detta cera che il volume di essa cresce invece di diminuire; ma nella massa consolidata si trovano molti interstizii, i quali sono ripieni dei gas, che si trovavano in mezzo alla cera nel momento, che incominciò la sua consolidazione. La stessa cosa si osserva sopra molti altri corpi nel passare da liquidi a solidi.

Vi ha però una differenza tra i corpi che si solidificano con cristallizzazione, e quelli che si rendono solidi senza cristallizzazione. Nei primi gl'interstizii son formati dagli stessi cristalli, e perciò la sostanza fluida che rimane a riempirli, soffre una espansione per causa di antagonismo: nei secondi viceversa, i gas si trovano già sviluppati in mezzo al liquido che si consolida, ed essi l'obbligano a lasciar loro delle cellule per potervisi annidare; donde le pareti di quelle cellule per ragione di antagonismo soffrono un restringimento di densità.

§ 124 *Per quali ragioni i fluidi elastici possono divenire liquidi? — Perchè la compressione non può consolidare i liquidi? — Come la compressione è causa insieme di restringimento di densità molecolare e di calorico?*

Come i liquidi si trasformano in solidi, così i fluidi elastici si cangiano in liquidi, allorchè si fa abbassare la loro temperatura. Così l'idrogeno solforato, ch'era uno dei gas permanenti, da Davy e da Faraday è stato ridotto allo stato liquido ad una temperatura di -16° , l'acido idroclorico puro ad una temperatura di -16° , l'acido carbonico ad una temperatura di -11° . Essi adoperano, insieme al metodo del raffreddamento, quello della compressione: l'idrogeno solforato fu ridotto allo stato liquido alla temperatura sopradetta, ma sotto una compressione di $1\frac{1}{4}$ atmosfere, il secondo gas sotto una compressione di 20 atmosfere, il terzo ancora sotto una eguale compressione. Da tali esperimenti si deduce con chiarezza, che l'abbassamento della temperatura e la compressione agiscono nella stessa guisa sopra i fluidi elastici, imperciocchè producono in essi lo stesso effetto, quello di renderli liquidi. Perciò, siccome la compressione restringe la densità delle molecole, così l'abbassamento della temperatura equivale ad un restringimento della densità molecolare.

Se i liquidi sono poco compressibili, se per effetto della compressione non possono essere ridotti allo stato di solidi, ciò avviene perchè la compressione può nei liquidi operare sulla sola superficie esterna, perciò non può raddensare le molecole che si ritrovano nelle zone inferiori. — Inoltre, la compressione impedirebbe la dilatazione del volume in quei corpi che, per passare dallo stato liquido al solido, dovrebbero cristallizzarsi.

Si avverti sopra (§ 118), che la differenza vera sta tra i solidi ed i fluidi; imperciocchè quest'ultimi, sieno liquidi, sieno gassiformi o vapori, debbono non avere coesione, nè sta-

bilità reciproca tra le loro molecole. Perciò, per far passare i liquidi allo stato di vapore o di gas, o pure per far passare i gas ed i vapori allo stato di liquidi, null'altro bisogna, fuorchè accrescere o diminuire la loro rispettiva densità molecolare: non si tratta di altro che di un semplice aumento o decremento di calorico, avvegnachè non vi deve intervenire nessuna operazione cristallizzatrice.

Si sa che dalla compressione dei corpi si sviluppa calorico: come dunque l'effetto nei gas e nei vapori riesce contrario? Dove è calorico, ivi è dilatazione: come dunque la compressione genera calorico, e genera nello stesso tempo condensamento? La risposta è semplice: se un corpo si condensa, un altro per antagonismo deve dilatarsi; se i gas ed i vapori sotto la compressione restringono la loro densità molecolare, è forza che gli stromenti cooperanti all'atto della compressione apprestino l'antagonismo competente, ricevendo essi la dilatazione molecolare in corrispondenza.—I Fisici sogliono dire, che in tali circostanze i gas ed i vapori sono costretti a rigurgitare il calorico, che in essi era occulto: parrebbe quasi che la sostanza calorico fosse spremuta dalla forza meccanica comprimente!

CAPO IV.

DEL CHIMISMO CAGIONATO DAL CALORICO.

§ 123 *Un grado di dilatazione calorifica è sempre necessario, affinchè si operino le combinazioni chimiche.*

Fin qui ho parlato del cangiamento di volume e del cangiamento di coesione, che il calorico opera nei corpi, senza ancor considerare le chimiche combinazioni, che in essi alle volte produce. Il calorico, siccome spesso è prodotto dalle operazioni chimiche, così è cagione di altre chimiche opera-

zioni. Chi non sa, che la maggior parte delle affinità chimiche si esercitano con maggiore energia, quando i corpi sono riscaldati? Anzi si può stabilire con certezza, che tutte le combinazioni chimiche incominciano sempre da un grado determinato di calorico, o sopra o sotto 0° (§ 17). Imperciocchè per disciogliersi qualunque composizione molecolare, e per formarsene un'altra, bisogna necessariamente, che le molecole si ritrovino una rispetto all'altra in un tal numero di componenti, in una tale disposizione, ed in un tale dilatamento di densità, che possano convenientemente fondersi e ricongiungersi.

Parlando delle varie origini del calorico, dimostrai come e per quali ragioni la combustione è cagione di calorico (§ 54); dimostrai ancora, come e perchè il calorico è causa della combustione (§ 52, 54). Allargai il senso della parola *combustione* sino a significare qualunque specie di chimica combinazione accompagnata dallo sviluppo di calorico, ed alle volte anche di luce (§ 53).

È impossibile che accada la menoma decomposizione chimica, è impossibile che si formino molecole di altra specie, senza la dilatazione o senza il restringimento delle rispettive densità molecolari, che son cagioni di altre dilatazioni o di altri restringimenti per propagazione, per trasmissione, o per antagonismo. — Perciò il calorico incomincia, accompagna o conseguita qualunque operato chimico.

Se due corpi aventi la massima affinità reciproca si trovano vicini, tosto incomincia la loro decomposizione per rinascerne altre molecole: in tal caso lo sviluppo del calorico non precede l'operato chimico, ma lo accompagna e lo siegue. Altre volte si trovano vicini due corpi, ma non giungono a manifestare le reciproche affinità, se non pervengono ad una determinata temperatura: in tal caso lo sviluppo calorifico deve precedere il chimismo; ma, quando questo incomincia, la quantità del calorico talvolta si accresce, talvolta si diminuisce. Più sopra feci conoscere tutte le ragioni,

per le quali nelle operazioni chimiche il calorico deve talvolta accrescersi, talvolta scemarsi, talvolta restare nello stesso grado (§ 60, 92).

§ 126 *I diversi gradi di colorico che precedono, accompagnano, e sieguono gli operati chimici, provano che il calorico non è sostanza, ma è la stessa dilatazione della densità molecolare.*

Il calorico, che accompagna le operazioni chimiche, è tanto maggiore, quanto maggiori sono le agitazioni, gli urti, e le vibrazioni delle molecole, che si sciolgono e si ricombinano: tanto maggiore benanche è il calorico, quanto maggior numero di sostanze eterogenee è frammischiato ai corpi, che si combinano chimicamente. — Il calorico nel chimismo non istà in proporzione delle molecole che ne risultano più condensate, poichè vi sono molte sostanze, le quali dilatandosi generano calorico sui corpi vicini per ragion di propagazione (§ 56). Non istà neppure la proporzione del dilatamento molecolare che ne risulta dopo l'operato chimico, poichè molte altre sostanze condensandosi producono calorico per ragione di antagonismo immediato (§ 61). Finalmente le combinazioni chimiche qualche volta son cagioni di abbassamento, anzichè di elevazione, nella temperatura (§ 60). — Tutte queste cose provano, che il calorico non è sostanza, perchè se fosse tale, le leggi della sua manifestazione e della sua dissimulazione dovrebbero avere delle proporzioni costanti, dovrebbero ciascuna coincidere con un peculiare stato dei corpi, e non dovrebbero mai osservarsi tutte con tutti gli stati più contrarii.

Ma, siccome il calorico consiste veramente nella dilatazione della densità molecolare (§ 40), siccome ogni dilatazione ha bisogno di un restringimento in antagonismo o mediatamente o immediatamente (§ 18, 61), siccome la propagazione calorifica non succede uniformemente per tutti i corpi (§ 91, 93,

94), anzi alcuni sono totalmente diatermici (§ 100, 103), perciò nelle chimiche combinazioni vi ha la massima incostanza, e vi ha da un momento all'altro l'alternativa degli stati più opposti: la dilatazione ed il restringimento tante volte si avvicendano, tante volte si toccano, anzi si limitano mutuamente; il compenso antagonistico talvolta è prestato immediatamente dalle sostanze che subiscono il chimismo, talvolta dai vasi che le contengono, talvolta è prestato da corpi più lontani.

Chi volesse conoscere con esattezza i varii momenti ed i diversi gradi di temperatura, ch'esister debbono in una operazione chimica, dovrebbe attentamente seguire il corso delle dilatazioni e dei restringimenti antagonistici, che di mano in mano si sviluppano, dovrebbe mettere in calcolo i mezzi della propagazione ed i mezzi della trasmissione, i corpi diatermici, e tutti i diversi poteri assorbenti, emissivi, riflettenti, rifrangenti, polarizzanti, che si trovano nelle sostanze le quali cooperano all'operato chimico, o gli sono immediatamente vicine.

Qui non parlerò degli effetti termo-elettrici, perchè toccherà a parlarne, dopo che avrò esposto le necessarie teorie sulla vera natura dell'elettro-magnetismo.

EPILOGO DEL LIBRO PRIMO

§ 127 *Tutto quello che concerne le varie origini, le varie capacità, la propagazione, la trasmissione e gli effetti del calorico, si riduce alla dilatazione sola della densità molecolare.*

In questo Libro ho cercato in tutte le guise abbattere le ipotesi del calorico latente e del calorico combinato, ipotesi false, e prese in prestito solamente per salvare e sostenere un'altra ipotesi più falsa, quella del calorico sostanza. Ho fatto vedere, che tali ipotesi non solo non son sufficienti a spiegare i fenomeni del calorico, ma sono eziandio ripugnanti ai fatti e tra loro stesse.

Anche Rumford negava, che il calorico fosse qualche fluido, ma ammetteva che consistesse in alcune vibrazioni più o

men veloci, che agitano le molecole dei corpi. Io non ho diviso la costui opinione, ma ho stabilito fin dal principio di questo Libro, che il calorico consista nella *sola dilatazione della densità molecolare*. E di mano in mano son venuto dimostrando, che il contatto dei corpi eterogenei, l'attrito, la combustione, ed il passaggio dei corpi da uno stato ad un altro sono cagioni necessarie, onde le molecole dilatino la loro interna densità: ne ho spiegato il perchè, ne ho assegnate l'eccezioni principali e le ragioni; ho dimostrato la necessità dell'antagonismo o immediato o lontano, che tien dietro ad ogni dilatazione calorifica: in una parola ho fatto conoscere, che nel cercare le varie origini del calorico, null'altro si cerca, se non che le varie cause, per le quali le molecole son costrette a dilatare la loro densità, oppure a restringerla in antagonismo.

Indi ho provato, che i corpi, siccome sono necessariamente eterogenei nella densità molecolare, così sono diversamente capaci per la dilatazione calorifica: e tal capacità si accresce o si diminuisce in proporzione sempre della sudetta densità.

Ho mostrato perchè il calorico si propaga, e perchè alle volte si arresta; quali corpi lo propagano meglio, quali lo impediscono, quali ne cangiano la direzione o la intensità. Ho mostrato ancora per qual ragione alcuni corpi lo trasmettono senza riceverlo nelle loro molecole, e perchè talvolta lo colorano. Tutte queste proprietà sono state da me ricondotte ai soli rapporti di dilatazione, che possono o non possono prendere le molecole, secondo la speciale loro densità e disposizione.

Finalmente ho esposto per sommi capi gli effetti che deve di necessità produrre il calorico: effetti di espansione nel volume, effetti di cangiamento di coesione tra le molecole, ed effetti di chimismo. Tutti provengono dalla dilatazione della densità molecolare, o dal restringimento antagonistico.

Quando dunque si nomina il calorico, non vuolsi intendere una vera sostanza fluida imponderabile, ma piuttosto lo stato di calorico, cioè lo stato di dilatazione, che prendono le molecole nella loro rispettiva densità.

LIBRO SECONDO

DELLO STATO DI LUCE

§ 128 Opinioni intorno alla natura della luce— Divisione di questo Libro.

Trattando della luce, bisogna dire la scienza essersi avanzata molto più, che non si è inoltrata riguardo al calorico, in conoscerne la vera natura. La opinione newtoniana, che ammetteva la luce come un fluido imponderabile che si trasferisce dal punto lucido ai corpi illuminati, è caduta omai dalla comune stima. I fenomeni delle interferenze, i fenomeni delle righe, la doppia refrazione, la polarizzazione della luce non erano mai spiegabili per mezzo di quella opinione. — Intanto anche il calorico presenta nelle sue irradiazioni quasi tutti i fenomeni della luce, eccettuato il solo fenomeno delle interferenze, il quale finora dai Fisici non si è potuto cogliere nella sua vera realtà. Laonde il Melloni, appoggiato a ragioni più decisive di quelle che non aveva potuto addurre Berthollet, non ha esitato dichiarare, che il calorico e la luce sieno una identica cosa. Per conseguenza, se la luce non è un corpo che si trasferisce, anche il calorico non doveva più esser creduto tale. Ma io feci vedere in altro luogo (§ 90), per qual ragione i Fisici non si son potuti allontanare dalla teoria dell'emissioni calorifiche.

Con tutto ciò, la scienza è lontana ancora dalla determinazione della vera natura della luce. — La teoria delle vibrazioni, che spiega tanto bene tutto il cammino dei raggi lucidi, è dovuta a Cartesio in origine, ma a Fresnel più di tutti per le applicazioni. Or le vibrazioni lucide si sono da loro am-

messe, e si ammettono tuttavia generalmente, sopra una sostanza estremamente sottile ed imponderabile, che vien denominata *etere*. Ecco in mezzo un'altra volta la ipotesi di una sostanza imponderabile. E sebbene non si dica, che tal sostanza fluisca e cammini da un punto ad un altro, come un tempo si dicevano camminare le molecole della luce, pur nondimeno si pone sempre per base, che il movimento vibratorio o ondulatorio, il quale costituisce la luce, si esercita nella immensa massa eterea di cui (dicono i Fisici) ripieni sono tutti i corpi del mondo, o solidi o liquidi o gassiformi.

Io dunque avendo piantato per principio (§ 31), che non esista nessuna aggregazione imponderabile, dico che *la luce consiste in un particolare stato vibratorio delle molecole medesime delle masse ponderabili*. Perciò divido anch'io la comune opinione delle vibrazioni lucide; niego soltanto, che le vibrazioni succedano in un'etere imponderabile. — Nel dover trattare delle varie origini della luce, m'ingegnerò di approfondire ancor più sulla vera natura delle vibrazioni lucide, e sulle vere cagioni che le producono.

Questo Libro sarà diviso in quattro Sezioni: nella prima parlerò delle *varie origini della luce*; nella Seconda del *cammino della luce*; nella Terza della *differenza tra la luce ed il calorico*; nella Quarta degli *effetti della luce*.

SEZIONE I.

DELLE VARIE ORIGINI DELLA LUCE

§ 129 *La luce è naturale o artificiale — Per quali ragioni la dottrina dell'emissioni lucide fu accettata, per quali fu rigettata — Differenza della opinione mia dalla teoria fresneliana.*

La luce è naturale o artificiale; imperciocchè le sorgenti lu-

cide o sono continuamente in azione, come quelle del Sole, delle stelle ec, oppure si sviluppano a tempi determinati e sotto certe condizioni, le quali l'uomo studia attentamente, onde fattosi padrone del processo, replica a suo talento quelle medesime condizioni, e genera artificialmente la luce. Così, l'uomo si avvide che la combustione ordinaria è accompagnata da luce, studiò il modo di produrre a volontà sua la combustione, e divenne padrone di dar nascita in qualunque ora alla luce.

La dottrina dell'*emissioni lucide* fu accettata a preferenza di quella delle *vibrazioni*, prima, perchè era più facile e più commoda, secondo, perchè di essa si valse in più gran Fisico per spiegare i fenomeni della luce. Ma quando si cominciò a riflettere sulle difficoltà che s'incontravano, e sulle sottili, ma capricciose ipotesi, alle quali dovettero ricorrere Newton ed i suoi seguaci per dare una spiegazione ai fenomeni delle *interferenze*, delle *frange*, della *doppia rifrazione*, della *polarizzazione*, fu necessità far senno e rigettare la ipotesi di guida: Young il primo, quindi Fresnel, e dopo loro tutti i Fisici più rinomati si appigliarono, e diedero perfezionamento alla dottrina cartesiana delle vibrazioni lucide.

L'unico punto delle teorie fresneliane ch'io revoco in dubbio è quello, come dissi sopra (§ 128), della esistenza di un'etere imponderabile, nel quale si eseguano cotali vibrazioni.

Quali sono le ragioni, per le quali i Fisici sono stati indotti ad ammettere le vibrazioni lucide in un'etere imponderabile? Quali sono le ragioni, per le quali io son contretto a negarle? — È possibile colle vibrazioni delle sole molecole ponderabili spiegare tutti i fenomeni della luce? Come nelle molecole ponderabili possono aver nascita tali vibrazioni? di qual genere esse sono? quali ne sono le cause? — Ecco tutte le ricerche ch'io dovrò fare nella presente Sezione.

CAPO I.

SI PROVA CHE LA LUCE NON È FLUIDO IMPONDERABILE NÈ VIBRAZIONE DI ETERE IMPONDERABILE.

§ 130 *Ragioni principali onde i Fisici sono stati indotti ad ammettere le vibrazioni dell'etere imponderabile — Si definisce il contrario.*

Le ragioni precipue, per le quali i Fisici sono stati indotti ad ammettere una sostanza eterea imponderabile, nella quale succedano le vibrazioni lucide, sono le seguenti: 1° nel vuoto la luce s'irradia non altrimenti che nell'aria e negli altri corpi diafani; il vuoto più perfetto che si conosca è quello di Torricelli, ed in esso suppongono i Fisici non esistere veruna sostanza ponderabile (§ 31); intanto la luce lo trapassa, e va da banda a banda, come se procedesse a traverso di corpo il più diafano: 2° i corpi opachi, cioè i corpi adiafani, detti così perchè non dàn passaggio alla irradiazione luminosa, allorchè sono estremamente assottigliati e ridotti in lamine tenuissime, perdono la loro opacità e dàn passaggio alla luce: dunque, dicono i Fisici, l'etere imponderabile, su cui si eseguono le vibrazioni lucide dentro il vuoto torricelliano, deve essere sparso in tutti i corpi, non solamente in quelli che sono diafani, ma oziandio negli adiafani, talmentchè, quando quest'ultimi son ridotti allo stato di sottigliezza estrema, le vibrazioni lucide, fatte sull'etere che in essi sta, passano da parte a parte.

Io però dal § 31 sino al § 36 dimostrai, che sono insufficienti le prove di fatto, colle quali si è preteso stabilire la imponderabilità della sostanza che occupa il vuoto torricelliano; e con argomenti a priori da confermarsi col fatto ho mostrato, che anco quella sostanza deve avere un peso proprio proporzionale al numero de' suoi componenti, ed alla forza di

attrazione che in essa esercita la gran massa mondiale. — Per conseguenza dico, che il passaggio della luce a traverso del vuoto barometrico non prova affatto l'esistenza di un'etere imponderabile in quel vuoto. — Anche la irradiazione del calorico, secondo l'esperienze del Rumford, passa a traverso il vuoto barometrico; e ciò non potrebbe avvenire, se colà non esistessero molecole ponderabili idonee ad eseguire la trasmissione calorifica.

Aggiungo dippiù, che le vibrazioni lucide non possono aver luogo in un'etere imponderabile: e così resterà definitivamente esclusa qualunque ipotesi fatta sul proposito.

È una contraddizione singolare supporre, ch'esista nei corpi ponderabili un'etere sciolto da ogni rapporto di gravità verso i medesimi corpi, e nello stesso tempo congiunto ad essi sotto tutti i rapporti delle sue azioni. La ponderabilità è un risultamento necessario dell'azione mutua delle sostanze elementari (§ 11, 28, 31): perciò si può piantare per regola, che dov'è ponderabilità ivi è azione mutua, e dov'è azione mutua ivi è ponderabilità; e sottosopra, dove non sono rapporti di ponderabilità non vi sono rapporti di mutua azione, non vi è ponderabilità. Dal che io concludo, che se potesse esistere dentro i corpi ponderabili un'etere veramente imponderabile, esso non dovrebbe avere nessun rapporto di azione coi corpi medesimi. — Ora il cammino e gli effetti delle vibrazioni lucide dimostrano ad ogni passo, che queste hanno tutti i rapporti di azione colle molecole ponderabili, e stanno in istretta consonanza col loro numero e disposizione. — Dunque le vibrazioni lucide appartengono alle stesse molecole ponderabili, o non mai ad un'etere imponderabile.

§ 131 *Se la vibrazione lucida si esercitasse sopra un'etere imponderabile, i corpi ponderabili non potrebbero recare ostacolo al suo cammino.*

Se fosse vero, che le vibrazioni lucide si esercitassero so-

pra un'etere imponderabile, potrebbero mai le molecole ponderabili essere di ostacolo al loro cammino? potrebbero mai deviarne e romperne in due la direzione? Per dire che una sostanza sia imponderabile, è mestieri ch'essa non abbia relazioni di attrazione con veruna delle sostanze attratte dalla gran massa mondiale; altrimenti un'attrazione conducendo l'altra, si avrebbe tosto la ponderabilità. Perciò le molecole di una sostanza imponderabile dovrebbero essere immuni da qualunque attrazione, da qualunque specie di coesione, da qualunque siasi attaccamento colle molecole ponderabili. Le vibrazioni della sostanza imponderabile dovrebbero camminare per la loro linea senza ricevere nè intoppo, nè modificazione alcuna dalle masse ponderabili: ma l'esperienza dimostra il contrario.

L'ostacolo, che un corpo oppone ai movimenti di un altro, è totalmente proporzionale alla maggior coesione, ed al maggior peso che uno ha sopra dell'altro. Infatti i corpi meno densi, i corpi rarefatti e di una minor coesione molecolare, i quali sono tutti poco pesanti, oppongono ostacoli più leggieri ai movimenti degli altri corpi. Secondo tale teoria, la quale è figlia della ragione e dell'esperienza, i movimenti vibratorii dell'etere imponderabile dovrebbero sempre ritrovare ostacoli maggiori sui corpi più densi, sui corpi la cui coesione è somma, sui corpi più pesanti; ed al contrario dovrebbero ritrovare ostacoli minori nei meno densi, nei meno coerenti, nei meno pesanti. — Però quanto non è ben forte la coesione delle molecole di un diamante? eppure le vibrazioni lucide lo trapassano. Al contrario, quanti corpi deboli nella coesione molecolare sono completamente opachi?

§ 132 *La riflessione, l'assorbimento, la rifrazione semplice e doppia, la polarizzazione e la diffrazione della luce sono in istretta consonanza colle proprietà fisiche dei corpi ponderabili.*

Non sostengono i Fisici (§ 130), che nei corpi opachi annida pure l'etere imponderabile? perchè dunque la vibrazione lucida deve in essi arrestarsi? Per qual ragione la vibrazione lucida si deve riflettere, deve ritornare indietro? per qual ragione deve disperdersi, deve totalmente estinguersi? Una vibrazione che può camminare per lo spazio di venti anni e più partendo da una stella, una vibrazione che si propaga a traverso tanti milioni e milioni di molecole occupanti la immensità dei cieli, dovrà esser estinta da un solo corpo opaco, la cui densità, la cui coesione molecolare è affatto insignificante? Una vibrazione, che trapassa il diamante, si estinguerà imbattendosi in un pezzetto di legno? — Ma l'etere, che annida nei corpi opachi, perchè non tramanda avanti la vibrazione lucida ricevuta? — In un corpo levigato e liscio la vibrazione lucida si riflette, in un altro impulito e scabro la vibrazione si estingue. E che? tanta influenza deve esercitare la disposizione delle molecole ponderabili sulle azioni di un'etere imponderabile, di un'etere che non ha con esse attaccamento nè aderenza di sorta?

Che dire poi della rifrazione semplice e della rifrazione doppia? I raggi luminosi deviano e si rifrangono a proporzione della densità dell'aggregato, per lo quale essi passano: nei corpi cristallizzati si dirigono secondo l'asse dei cristalli, perciò nei cristalli bi-assi e in tutti i cristalli di sistema irregolare vi ha rifrazione doppia. E non si sa che Fresnel rendeva doppiamente rifrangenti quattro prismi di vetro, comprimendoli fortemente tra loro? E non osservava pure lo stesso Fresnel, che la doppia rifrazione diminuisce per causa di avanzamento di temperatura nel carbonato e nel sol-

fato di calce? — Dunque lo stato fisico delle molecole ponderabili ha tutta l'influenza sul cammino rettilineo, sulla refrazione e sulla bipartizione delle vibrazioni lucide. — Anche la polarizzazione dipende dalla speciale natura dei cristalli birifrangenti, o dalla speciale riflessione che esercitano alcuni corpi, o dal modo con cui si riuniscono alcune lastre, alcune sostanze fogliose, per le quali si fa passare il raggio lucido.

Si guardi pure il fenomeno della diffrazione, la influenza degli orli sullo spezzamento della vibrazione lucida, la scomposizione e ricomposizione della luce per causa dei prismi, per causa delle lamine sottili. Chi non vede in tutti questi fenomeni la concorrenza diretta dei corpi ponderabili? Chi non vede che tutto si cangia e si muta, appena variano le loro condizioni sostanziali, appena si alterano le loro disposizioni, la loro forma, la loro densità, il loro numero? Ed i cangiamenti sul cammino delle vibrazioni lucide sono totalmente proporzionali ai cangiamenti, che avvengono nelle molecole ponderabili.

§ 133 *Le sorgenti della luce, e gli effetti ch'essa cagiona, sono totalmente in rapporto colle molecole ponderabili — Relazioni ammesse dai Fisici tra i ponderabili e gl' imponderabili — Si combattono.*

Volgiamo inoltre lo sguardo alle cause, che per ordinario sogliono produrre lo sviluppamento della luce. Noi ne conosciamo una principalissima, la combustione. — Ora in qual modo avviene la combustione? Ho detto di sopra (§ 53), che tre cose succedono nella combustione, 1° decomposizione chimica, 2° ricomposizione chimica, 3° svolgimento di calorico: questi tre fenomeni alle volte sono accompagnati da luce, alle volte ancora da fiamma, alle volte no (§ 54). Non vi ha dubbio, che tutti gli operati chimici avvengono in forza di azione mutua tra le molecole ponderabili, perocchè esse molecole si sciolgono e si ricompongono in proporzione delle loro affinità,

della compressione o della rarefazione cui son soggette (§ 16, 17). Se dunque le vibrazioni lucide sono cagionate da quella forza stessa che cagiona la combustione, non si può mettere in dubbio, che il movimento delle molecole ponderabili non sia la loro causa. — La stessa luce elettrica, la luce fosforica sono cagionate da particolari movimenti che prendono le molecole ponderabili, da particolari decomposizioni chimiche.

Finalmente, non vediamo tutto di la luce esercitare una influenza chiarissima sopra i corpi ponderabili? Quante decomposizioni chimiche succedono per la sola azione della luce! Il bromuro, il cloruro, l'ioduro di argento e tutti gli altri sali di questo metallo, l'acido nitrico concentrato, l'acido idroclorico, il fosforo disciolto nell'olio, la resina di gagata, le foglie verdi delle piante immerse in acqua sono sensibilissime ai raggi della luce, si colorano, si decompongono, si ricompongono variamente, secondo la diversità del raggio dello spettro che li colpisce. La luce opera sulla cristallizzazione, e particolarmente sulla direzione dei cristalli; li rende per lo meno più simmetrici e più regolari, secondo le osservazioni di Chaptal. Opera altresì sui vegetali e sugli animali: li colora, li rende più vigorosi; impedisce forse il germogliamento delle semenze, sprigiona l'ossigeno dalle piante: la sua assenza è causa di malattie speciali sull'organismo vivente.

Tutte queste aperte attinenze, che ha la luce coi corpi ponderabili, hanno indotto per necessità i Fisici ad ammettere una mutua azione tra l'etere imponderabile e le molecole ponderabili. Hanno ammesso, che il movimento delle molecole ponderabili, è cagione di movimento nell'etere imponderabile, e viceversa; hanno ammesso, che le prime, secondo la loro particolare struttura, densità e coesione, possono ritardare o estinguere i movimenti del secondo, e viceversa. Non solamente hanno stabilito ciò riguardo alla luce, ma eziandio riguardo al calorico, riguardo all'elettricità, ed al magnetismo, i quali ritenuti essendo come fluidi imponderabili, esercitano pur nondimeno sui corpi ponderabili, e ricevono da essi la più decisa influenza.

Ritorno perciò ad insistere su quel punto cardinale (§ 130), che *se fosse vera la esistenza di un'etere imponderabile, tra esso e le molecole ponderabili non potrebbe sussistere nessuna attinenza, nessuna reciprocità di azioni*. E quel ch'io dico qui, non si deve soltanto riferire alla luce di cui stò trattando, ma si deve eziandio applicare al calorico di cui ho favellato, ed all'elettro-magnetismo del quale parlerò.

§ 13½ *Si prova, che dov'è azione mutua ed aggregazione, ivi è ponderabilità.*

Per poco che s'intenda la connessione strettissima che passa fra queste tre idee: *azione mutua, aggregazione, ponderabilità*, non si esiterà un momento a giudicare, che non può esistere reciprocanza di azioni di nessuna specie, fuorchè tra molecole ponderabili. — Il mutuo contatto delle azioni intransitive sostanziali è necessario ed inevitabile (§ 4). Pertanto vi ha movimento e separazione di molecola da molecola, perchè essendo eterogenee nella loro intrinseca densità, non possono mantenersi in perfetto equilibrio fra di loro (§ 20), e perchè un corpo o una molecola non si muovono mai, se non sieno contemporaneamente rimpiazzati o da un altro corpo o da un'altra molecola (§ 24). Così essendo, non può una sostanza imprimere un movimento ad un'altra, se essa non sia capace di rimpiazzarla nelle relazioni, e nelle azioni mutue che quella altronde ha con altre sostanze: nessuna molecola può attaccare relazioni di qualunque siasi natura con altra molecola, se non può con essa venire a contatto, se non può unirla a sè con azione immediata. Con ciò non intendo dire, che le molecole debbano essere della stessa specie per avere rapporti tra di loro: la identità di ammolecolazione non è necessaria per esservi reciprocanza di azioni, anzi la più parte delle molecole soggette alle variazioni ed ai movimenti vicendevoli debbono essere eterogenee. Dico dunque solamente, che le molecole, le quali si muovono o si uniscono a vicenda,

debbono esser composte di tal sorta di elementi che si possano mutuamente legare con azioni reciproche, che si possano insieme aggregare.

Laonde si può stabilire per massima, che l'azione reciproca può esistere soltanto fra quei corpi, tra i quali è possibile l'aggregazione, tra quei che sono soggetti al risultamento dell'azione mutua universale, cioè all'attrazione.

Ora la ponderabilità che altro è, fuorchè l'attrazione universale? (§ 28). Che cosa significa che un corpo è pesante? significa solo, che esso è necessariamente in contatto con altri corpi, i quali essendo pure appoggiati ad altri per aerie non interrotta di contatti, o possono completamente equilibrarlo, ed allora lo trattengono unito a sè; o non possono equilibrarlo come conviene, ed allora agiscono come mezzi di attrazione per condurlo a quel corpo che deve ultimamente fermarlo in equilibrio. Da ciò siegne la legge necessaria, che i corpi minori sono sempre attratti verso i maggiori con una velocità proporzionale alle rispettive masse ed alla natura dei mezzi interposti.

Dunque se un corpo ha azione sopra di un altro, se lo muove, se ne riceve movimenti, è d'uopo ch'egli sia ponderabile, è d'uopo che obbedisca al risultamento dell'azione universale, è d'uopo che senta la forza dell'attrazione, da cui risultano l'equilibrio o il disequilibrio, il movimento o la quiete. — Tutte queste idee sono identiche, e si traducono a vicenda.

§ 135 *Giacchè la luce ha rapporti di causa e di effetto coi corpi ponderabili, non è fluido imponderabile, nè vibrazione sopra etere di tale specie.*

Con un tal principio basta solamente vedere, che la luce abbia origine da particolari movimenti di molecole ponderabili, e che dia nascita in esse ad altri particolari movimenti; basta vedere che il suo cammino sia regolato interamente

192 LIBRO II, SEZIONE I, CAPO II.

dalla densità, dalla struttura dei mezzi per cui passa; basta vedere la scomposizione, la diffusione, la diffrazione che essa soffre per causa dei corpi ponderabili, per doverne conchiudere che la luce non è fluido imponderabile nè vibrazione di un'etere imponderabile.

Escluse le quali due idee, non si può sospettare ch'essa sia qualche fluido ponderabile, avvegnachè sappiamo che un corpo, sia o non sia permeato dalla luce, pesa sempre ugualmente. Ed inoltre, se si ammettesse un fluido lucido ponderabile, non si potrebbe comprendere la sua celerissima trasmissione, non si potrebbe spiegare il fenomeno delle interferenze, quello della polarizzazione e tanti altri, per li quali è stata quasi generalmente abbandonata cotai' idea del fluido lucido. — Resta dunque, ch'essa sia una *vibrazione* ben vero, ma una *vibrazione delle stesse molecole ponderabili* (§ 128).

Vien però naturalmente la dimanda: di quale specie è una tale vibrazione? come essa ha origine? come si comunica da banda a banda? In questa Sezione devo solamente soddisfare alle domande sulla natura e sulla origine della vibrazione lucida, nella Sezione seguente parlerò del modo con cui essa si comunica.

CAPO II.

DEL MODO IN CUI SI GENERA LA LUCE.

§ 136 *Punto dal quale si dovette partire per determinare la vera natura del calorico — Da quale ora si deve partire per determinare la vera natura della luce?*

Nel precedente Libro, trattando del calorico, esposi direttamente dal bel principio la mia teoria fondamentale, dicendo il calorico consistere nella dilatazione della densità molecolare (§ 40), e così tralasciai di far conoscere i procedimenti

logici, per mezzo dei quali sono arrivato a cogliere siffatta teoria. Nessuno pure dubiterà, che io non dovetti partirmi da un punto, che non dovetti valermi di un raziocinio per arrivarvi. La prima cosa che io guardai nello studiare la natura del calorico si fu quel fenomeno quasi costante che lo accompagna, la dilatazione del volume di quei corpi nei quali esso si mostra: dalla dilatazione del volume argomentai la dilatazione della interna densità di ciascuna molecola: indi vidi che, senza ammettere verun fluido, senza ammettere veruna vibrazione, questa sola dilatazione della interna densità molecolare era sufficiente per rendere completa ragione di tutti quei fenomeni che al calorico si attribuiscono, togliendo di mezzo tutte le difficoltà e tutte le ipotesi insoddisfacenti. — Io onisi di far conoscere il metodo logico, con cui giunsi alla detta teoria; ma avendola esposta da tutto principio, passai tosto a farne le applicazioni e gli sviluppiamenti.

Parlando ora della luce voglio tenere diverso modo; voglio render anche ragione della via, per la quale mi dirigo a stabilire la vera natura e la vera cagione delle vibrazioni lucide.

§ 137 *Nella combustione con fiamma vi sono due correnti contrarie di molecole, che alternativamente eseguono due semirotazioni in senso opposto, le quali riunite costituiscono una vibrazione.*

Io prendo le mosse da un fatto, nel quale spesso vi ha sviluppo di luce, parlo del fatto della combustione, e propriamente di quella combustione che genera la fiamma. Due correnti contrarie nella fiamma s'incontrano, si attraversano a vicenda, e si urtano rapidissimamente fra di loro, una del gas che si esala, l'altra dell'ossigeno che va a fissarsi sul combustibile (§ 58). Dal mutuo urto delle rispettive molecole nasce un conflitto, o per meglio dire nasce un attrito in due contrarii sensi: le molecole della corrente, p. e. d'ossi-

geno, che vanno al corpo combustibile, hanno per sè un movimento diretto verso quel corpo; intanto essendo incontrate dalla corrente contraria del gas che si esala, in virtù dell'attrito, ricevono un'altra direzione tutta opposta: parimente le molecole del gas che si esala hanno una direzione propria, ma incontrando la corrente opposta dell'ossigeno, in virtù dello stesso attrito, ricevono una direzione del tutto contraria. Qual è l'effetto che deve risultare nelle molecole delle due rispettive correnti? Le une e le altre prenderanno un movimento corrispondente alle due forze contrariamente dirette. Siccome cotali due forze non agiscono sullo stesso punto in controposizione totale (poichè in tal caso si estinguerrebbero a vicenda), ma agiscono una sul fianco dell'altra, perciò ne nasce sulle rispettive molecole un moto alternativo, il quale costa di una semirotazione diretta in un senso, ed un'altra semirotazione diretta nel senso opposto. L'unione delle due semirotazioni contrarie, o delle due onde per dirla col linguaggio fresneliano, costituisce una *vibrazione*.

Non ostante tale incontro, ed il moto vibratorio che ne risulta nelle molecole rispettive delle due correnti, esse molecole non si arrestano dal loro cammino, ma vanno ciascuna alla loro volta. Imperocchè la forza d'impulso, che ognuna di esse riceve dal primo punto di partenza, è sempre maggiore dell'attrito, che soffre per lo strisciamento di un'altra molecola, la quale corre in verso contrario sopra uno dei suoi fianchi. È certo però che tale incontro deve produrre un ritardo di velocità nelle due contrarie correnti, ma siccome esse vanno con un moto rapidissimo, perciò il ritardo non è percettibile.

§ 138 *Condizioni necessarie per le vibrazioni — Prima condizione: l'incontro ed il conflitto di due correnti contrarie — Modi diversi in cui questo incontro può accadere.*

Le condizioni necessarie per avverarsi tali vibrazioni sono le seguenti.

Prima di tutto è una condizione indispensabile l'incontro delle due correnti contrarie, dal cui conflitto nasce nelle rispettive molecole quel moto alternativo, che costituisce la vibrazione.

Alle volte può accadere, che un corpo si muova sopra di un altro, il quale sta fermo o quasi fermo. Se esso si muove sempre in un sol senso ed in una sola direzione, allora tanto le sue molecole, quanto le molecole del corpo sul quale egli striscia, prendono un movimento costante in quel solo senso ed in quella sola direzione; perciò non vi ha moto alternativo, non vi sono semirotazioni contrarie, non vi ha vibrazione. Se però il corpo che si muove, eseguisce un moto alternativo di *va e viene*, e lo eseguisce con molta rapidità, allora succede precisamente quello stesso caso che avviene per l'incontro delle due correnti contrarie; poichè, le molecole del corpo che si muove seguono l'impulso della forza motrice, ma le molecole dell'altro corpo che non si muove offrono una perenne resistenza, per non farsi di continuo trasportare dall'uno all'altro senso: quindi adempiono presso a poco lo stesso ufficio di una corrente contraria, dal che hanno origine le onde e le vibrazioni che ne sono il risultamento.

Esiste ancora un altro modo con cui possono esser generate le vibrazioni. Quando due grandi corpi abbiano in mezzo un altro corpo suscettivo di vibrazioni, come dirò più sotto, e tutti due i corpi si muovano rapidamente in due contrarii sensi, allora il corpo intermedio prende nelle sue molecole un doppio movimento contrario, ma in un modo alternativo, similmente a quello che prendono le molecole delle due contrarie correnti: la quale alternazione di movimenti molecolari costituisce una serie continua di vibrazioni.

Finalmente qualunque moto oscillatorio, purchè sia rapido e forte, è capace di generare nelle molecole le vibrazioni alternanti, dapoichè in tal caso vi ha un effetto consimile a quello del movimento di *va e viene*, e per quello medesime ragioni succede il detto alternamento.

§ 139 *Seconda condizione : l'energia e la rapidità delle due contrarie correnti molecolari.*

La seconda condizione necessaria, affinchè si suscitino le vibrazioni, si è che i due movimenti contrarii delle opposte correnti debbono essere energici assai e rapidi assai. — Se manca energia nei due movimenti contrarii, potranno questi riunirsi in unico movimento composto, oppure il movimento di una corrente più vigorosa prevarrà sul movimento dell'altra meno vigorosa; e quindi, lungi dall'esservi quell'alternativa delle due semirota- zioni, che costituiscono l'onda lucida, si avrà in tutte le molecole un movimento sempre uniforme, diretto in un solo senso. Se poi manca la rapidità nei movimenti delle due correnti contrarie, o se la rapidità non è somma, l'alternamento delle vibrazioni neppure ha luogo; conciossiachè le due forze contrarie operando con qualche lentezza una contro l'altra, e durando qualche poco l'azione di una corrente sopra dell'altra, ne nasce la composizione dei due movimenti opposti, ne nasce per lo meno l'indebolimento successivo degli alternamenti: e perciò la vibrazione lucida o si estinguerebbe a poco a poco, o diverrebbe tanto tardiva nel suo cammino, da non potersi estendere che a breve distanza.

Qualunque corpo si muova dentro questa massa mondiale, produce un cangiamento di posizioni nelle molecole che vengono con esso in contatto; e da quelle molecole il cangiamento si propaga o si trasmette, secondo la speciale natura dei mezzi, alle molecole dei corpi susseguenti (§ 21, 28).

Ma vi ha una distinzione a fare. Se il movimento è energico assai per la ragione della violenza con cui si esercita, o se è fatto con una rapidità straordinaria, allora l'effetto totale di sua influenza si estende con pari rapidità a grandissima distanza. Diversamente avviene, quando il movimento è debole, oppure lento; perchè allora la naturale resistenza, che oppongono i sistemi di equilibrio già esistenti negli strati

molecolari (§ 17), è capace vincere, o per lo meno indebolire e ritardare al maggior segno l'effetto dell'influenza.

Ora, tutte le volte che si vuole ottenere quell'effetto sensibile sulla nostra retina che volgarmente chiamiamo luce, fa mestieri che le molecole sieno velocemente agitate in un senso alternativo; e ad ottenere ciò, come testè ho detto, bisogna movimenti vigorosi e rapidi, tali insomma che non possano estinguersi nè per troppa debolezza, nè per troppo ritardo.

§ 140 Terza condizione: che le molecole siano atte a vibrare
— Per quali ragioni quest'attitudine può accrescersi, diminuire, mancare.

La terza condizione bisognevole per le sudette vibrazioni si è che abbiano luogo in un corpo atto a vibrare. Ciò importa, che le molecole debbono essere disposte a subire l'alternativa delle due semirotazioni, da cui vien composta l'onda lucida. Vi sono molecole le quali per la loro speciale situazione non possono ricevere un vero movimento vibratorio; ve ne sono altre le quali, ricevutolo, non possono trasmetterlo. Imperocchè, siccome le molecole risultano da un certo numero di sostanze elementari, e siccome esse sono o omogenee o eterogenee nella densità, ne siegue che non tutte possano egualmente prestarsi alla esecuzione del movimento vibratorio. Tal movimento diviene più facile in quelle molecole che sono di omogenea densità; imperocchè nei corpi misti di sostanze eterogenee ognuna delle molecole prende un movimento conforme alla sua speciale composizione, ed alle relazioni che ciascuna ha rispetto alle altre, quindi si guasta l'uniformità della vibrazione. Per tal ragione nei corpi impuri le vibrazioni lucide o non succedono, o succedano confusamente e debolmente.

Bisogna altresì tenere in considerazione la direzione che hanno le fila delle molecole, dapoichè la vibrazione si propaga o si trasmette secondo la direzione di quelle stesse fila.

È naturale il comprendere, che la vibrazione passa da una molecola ad un'altra secondo quella direzione in cui esse si trovano rispettivamente collocate: per conseguenza, laddove i fili molecolari son disposti in linea retta, anche la vibrazione si dirige per quella stessa linea; se deviano qualche poco dalla retta, essa devia ugualmente; e se molto si allontanano dalla retta, molto anch'essa se ne allontana. Ora può avvenire (e questo accade spesso), che i fili molecolari abbiano direzioni tanto contorte e così intrecciate fra loro, che le varie vibrazioni, dirette secondo quei fili, vengano anch'esse ad intrecciarsi ed incontrarsi più volte fra di loro: ed in tal caso per la mutua azione e reazione si estinguono. Ciò succede principalmente in tutti i corpi opachi: in essi le molecole non sono mai disposte in linee rette e parallele, ma di strato in strato cangiano giacitura e direzione, siccome è agevole convincercele per mezzo della esperienza. Per questo avviene, che le vibrazioni destate nel primo loro strato, incominciando ad internarsi, si sparpagliano secondo varii sensi, s'incrociano, si distruggono a vicenda. Ma, se di un corpo opaco si taglia una lamina assai sottile, siccome non vi sono incrociamenti nella direzione delle sue fila molecolari, le vibrazioni si dirigono per linee rette parallele o quasi, e trapassano da banda a banda. Infatti l'osservazione conferma, che le lamine sottili di qualunque corpo opaco, anche quelle dell'oro, dan passaggio alla luce. Ma di ciò meglio nella Sezione seguente.

Quando dunque io dico, che le vibrazioni succedono in un corpo atto a vibrare, intendo esprimere, che la comunicazione, ed il ricevimento delle vibrazioni dipendono totalmente dalla giacitura e dalla direzione dei fili molecolari, come altresì dipendono dalla forma delle molecole, dalla loro omogenea densità, dalla più o meno uniforme loro disposizione.

§ 141 *Differenze tra le vibrazioni lucide, e le vibrazioni sonore — Simiglianze.*

Qui torna a proposito fare una distinzione tra le vibrazioni *lucide* e le vibrazioni *sonore*. — I Fisici si son dispensati dal fare tale distinzione, perocchè han supposto, che le vibrazioni *lucide* si esercitano esclusivamente sopra il fluido etereo imponderabile, e le vibrazioni *sonore* sopra le molecole delle sostanze ponderabili.

Che il suono abbia luogo per una vibrazione dei corpi ponderabili è una cosa non soggetta a dubbio; imperocchè per l'esperienze di Savart e per quelle di Chladni fu ben dimostrato, come le vibrazioni delle verghe, delle canne, delle lamine, delle membrane sieno cagioni di suono: Savart, per mezzo della sabbia e di altre polveri più minute, è arrivato a determinare tutte le linee nodali e tutte le figure, che prendono le vibrazioni sui corpi solidi, facendo rilevare la diversità dei suoni in corrispondenza.

I liquidi i gas sono pure soggetti alla vibrazione sonora; e si conoscono i modi coi quali si può farli entrare in vibrazione.

Finalmente i calcoli di Laplace, ed anche quelli di Dulong han fatto vedere, che la propagazione del suono ha rapporti totalmente proporzionali al calorico specifico dei corpi; ed il calorico specifico, siccome abbiain detto altrove (§ 81), è proporzionale alla densità delle molecole. Dunque la vibrazione sonora appartiene indubitabilmente a tutti i corpi ponderabili, siano fluidi siano solidi.

Sembra però le vibrazioni *lucide* non aver nulla di comune colle vibrazioni *sonore*. Imperciocchè le vibrazioni *lucide* camminano con una tale rapidità, che in 1' percorrono 79572 leghe di : 000 tese, mentre le vibrazioni *sonore* si propagano con una velocità di 2092^m, 80 in ogni 1' sotto una temperatura di 16°. Le vibrazioni *lucide* traversano benanche il vuoto torricelliano, mentre al contrario le vibrazioni *sonore* non pas-

sano pel vuoto. Le vibrazioni lucide sono state supposte da Fresnel per ispiegare principalmente i fenomeni delle *interferenze*, ma esse non mostrano verun vestigio sensibile sui corpi nei quali si esercitano; le vibrazioni sonore si avvertono sensibilmente sotto il tatto, infatti la mano sente un fremito toccando gli strumenti in atto di rendere il suono. Le vibrazioni lucide si estinguono sui corpi opachi, ma le vibrazioni sonore non si estinguono in quei corpi; anzi accade spesso che il suono di uno strumento, una voce umana, una tosse convulsiva metta in vibrazione le corde di una cetra, o altro simile.

Dall'altra parte è certo che i suoni, non meno che i raggi della luce, sono soggetti alla riflessione nell'eco, alle interferenze nei nodi, alla rifrazione semplice e doppia nelle deviazioni che prende la linea sonora per causa della varia densità dei mezzi di propagazione, e finalmente si può dire in certo senso che i raggi fonici soffrono una specie di cromaticismo, ossia di colorazione, non meno che la soffrono i raggi lucidi e i raggi calorifici, conciosiachè è noto, che ogni tuono è corrispondente alla lunghezza di un'onda sonora, e come più o meno si accorciano o si allungano le onde, ne escono tuoni più o men composti dal grave sino all'acuto, e viceversa: quindi accade che le onde sonore, nell'esser comunicate da un punto all'altro, soffrono, secondo la varietà dei mezzi che la propagano, accorciamenti o allungamenti, e da ciò nascono tutti i suoni secondarii, che sono coerenti ed armonici col tuono fondamentale. Questa si può dire vera scomposizione del tuono. Come al contrario molti tuoni secondarii riuniti, corrispondendo tra di loro per formare un'intera onda sonora, possono comporre il tuono fondamentale di quella onda medesima. Ciò prova, che tra le vibrazioni lucide e le vibrazioni sonore, come vi sono delle dissomiglianze, così vi sono delle somiglianze.

§ 142 *La vibrazione sonora si compie sopra una linea di molte molecole, la vibrazione lucida sopra ognuna delle molecole — Quali cagioni producano l'onda lucida, quali l'onda sonora.*

La differenza tra l'une e l'altre vibrazioni non può consistere che nella sola quantità della materia vibrante. Le vibrazioni sonore sono più grossolane, non vi ha dubbio; perchè sono sensibili anche al tatto, come io dissi, e lasciano vestigi sulle polveri sottili, mercè la scossa che in quelle producono (§ 141). Perciò non è da credersi, che ciascuna molecola compisca nel suono una intera vibrazione, ma a formare un'intera onda ci vogliono ben molte molecole: di modo che il suono in esse non si propaga mai per linea retta, ma si va sempre disponendo per due linee curve, che s'incontrano e si attraversano nei punti nodali. Al contrario la luce cammina ordinariamente per linea retta, e se il raggio si devia dalla perpendicolare per causa della densità dei mezzi, esso non giunge quasi mai a descrivere una vera curva. Laonde avviene che i nodi, (fenomeno, come dissi nel § 141, consimile alle interferenze) si trovano costantemente in tutti i suoni; ma le interferenze nella luce si debbono produrre artificialmente, facendo a bella posta che due raggi contrariamente riflessi vengano più volte ad incontrarsi, per formare alternativamente le bande lucide e le oscure.

Ciò prova, che la vibrazione lucida è cortissima, e si compie in ciascuna molecola individualmente; ma l'onda sonora è ben lunga, a segno che se ne può misurare la longitudine, e si può sensibilmente ritrovare il punto nodale, poichè molte molecole concorrono insieme a formare l'arco di ciascuna onda sonora.

Si può ora determinare la diversità delle cagioni dell'onda lucida e dell'onda sonora. Per produrre un'onda lucida bisogna una tale forza, che metta in vibrazione ciascuna molecola

individualmente : per produrre un'onda sonora bisogna una forza, che metta in vibrazione le masse molecolari, perchè un'intera massa forma un'intero arco vibrante. La forza producente la luce deve esser tale, che possa di una in una attaccare le singole molecole, e costringere ciascuna a compire i due alternativi movimenti che costituiscono la vibrazione. La forza producente il suono attacca, è vero, tutte le molecole, però non costringe ciascuna a compire un'intera vibrazione per sè, ma congiungendone molte insieme, le obbliga a compire un'arco vibrante. Perciò le cagioni del suono sempre son più grossolane delle cagioni della luce. Girando velocemente un pezzo di piombo legato ad un filo, produco un suono sensibile, perchè l'aria urtata dal piombo, ed il piombo urtato dall'aria entrano in una rispettiva vibrazione; ma non posso mai arrivare per tal mezzo a produrre una vibrazione lucida sensibile: dapoichè, è vero che ogni molecola dell'aria riceve urto dalle intere forze unite del piombo, ma queste forze non son tali, che possano imprimere un moto di rotazione in ciascuna molecola particolare.

§ 143 *Esperimento con cui si può contemporaneamente produrre vibrazione lucida e vibrazione sonora — Ragioni dell'esperimento.*

Si può con esperimento facilissimo produrre una doppia vibrazione contemporanea, cioè la sonora e la lucida. Se in una stanza perfettamente oscura si ruoterà con velocità rapidissima un pezzo di metallo assai pesante, si vedrà intorno al metallo rotante un'aureola di luce rosso-cerulea niente dissimile dal fiocco elettrico; e nello stesso tempo si udrà il forte suono, che produce il rapido girare dello stesso metallo. Vi ha però una differenza. Come più velocemente si fa ruotare il pezzo metallico, l'aureola di luce diventa più chiara e più permanente, mentre al contrario il suono diminuisce, si rende monotono; e se per mezzo di macchine si fa arrivare la ve-

locità della rotazione sino al più alto grado, il suono si ha come cessato, mentre la luce si fa più viva.

La ragione di questo fatto è semplicissima. Imperciocchè, le molecole del metallo, per la forza di coesione che in esse risiede, formano un solo sistema; e perciò la gravità di tutto il metallo opera sopra ciascuna molecola di aria, non già come se una sola molecola metallica fosse in contatto con una sola molecola d'aria, ma come se ogni molecola d'aria ricevesse immediatamente l'azione di tutto il pezzo metallico. Per conseguenza, quanto più cresce la gravità del corpo rotante, tanto è maggiore la scossa, che rievve individualmente ogni molecola di aria.

Or io dissi (§ 139), che una delle condizioni essenziali allo sviluppamento della luce si è, che ogni molecola sia mossa ad alternare da una forza energica e rapida: laddove manchi la energia, la molecola per la forza di sistema, che l'avvince all'altre sue compagne, opporrà tanta resistenza da non poter'essere messa nell'alternativa delle vibrazioni: laddove manchi la rapidità, l'alternativa succederà debolmente e si estinguerà presto, essendo vinta dalla solita forza di resistenza delle altre molecole. Perciò, argomentando sottosopra, quanto più il metallo è pesante, e quanto più velocemente viene aggirato, tanto più velocemente genera le onde lucide in ogni molecola aerea. E per questa stessa ragione gli aeroliti, quanto più son grandi, e con quanta maggior velocità vengono attratti verso la terra, si veggono cadere tanto maggiormente infiammati, e la loro luce diviene più bianca e più intensa a proporzione.

Ma le onde sonore veugon generate e camminano con proporzioni diverse. Se si agita leggermente la massa dell'aria, essa tutta quanta prende un movimento uniforme, il quale, debole per sè medesimo, si estingue a poco a poco. Se incontra però resistenza, si estingue con maggior prestezza.—Se però il movimento, che s'imprime all'aria, è in un certo modo più forte, la resistenza si sviluppa con eguale proporzione, e vi sono due movimenti contrarii: da ciò le vibrazioni alternanti,

ch'esprimono la prevalenza alternante or dell'uno or dell'altro contrario moto. Come però la forza movente non è tanto efficace che possa generare movimento proprio in ognuna delle molecole aeree, così non vi è manifestazione di luce. La vibrazione attacca alcune piccole masse di aria, ed altre piccole masse vibrano in controsenso: ciò dà origine al suono.

Ma quando il movimento è fortissimo e rapidissimo, e viene di continuo a cadere sugli stessi strati di aria, allora quelli non possono resistere in proporzione; perchè la resistenza delle masse ha finalmente un limite, il quale corrisponde alla forza di sistema che in ciascuna delle masse risiede. Superato tale limite, le masse aeree non resistono più, ed il pezzo metallico ruota quasi liberamente. Per questa ragione gli strati dell'aria van perdendo le loro contrazioni ed espansioni vibratorie, il suono vien meno; e cessa quasi del tutto, allorchè il movimento del pezzo metallico è velocissimo.

Bisogna intanto avvertire, che quando il corpo, che si muove, percorre spazii longitudinali, senza punto ritornare sulla stessa sua via, allora può produrre il suono, sia rapida quanto si voglia la sua velocità. Perocchè il corpo, che si muove in tal modo, produce una compressione ed un'attrito sulle masse di aria sempre nuove che va incontrando; e queste, in forza del proprio elatere ritornando all'antecedente loro stato, producono l'alternamento vibratorio. Per questo gli aeroliti, cadendo velocemente ed in linea retta sopra la terra, sono accompagnati, oltre della luce, da un suono assai fragoroso. All'incontro il pezzo metallico che si fa girare in ruota attaccato ad un filo, percorrendo quasi continuamente lo stesso spazio circolare, per la sua velocità somma ritorna di momento in momento sullo stesso punto, e non permette che l'elatore operi le contrazioni in senso contrario. Perciò il suono, colla maggior velocità che prende nel suo giro il pezzo metallico, diventa ognor più monotono e debole, finchè si renda quasi insensibile.

§ 144 *Bisogna maggior forza per muovere una sola molecola, anzichè un gruppo di molecole — Se ne deduce la gran forza che ricavar si deve della scomposizione delle molecole.*

Conchiudo quanto fin qui ho detto sulla differenza delle vibrazioni lucide, e delle vibrazioni sonore, ponendo un teorema della più alta importanza; che concorda puntualmente con tutti i principii da me stabiliti nelle Nozioni Premesse: cioè, che *bisogna una maggior forza per muovere una sola molecola, anzichè per muovere un'aggregato di molecole*, e corrispondentemente: *una sola molecola oppone resistenza molto maggiore di quella, che oppone un gruppo di molecole*. Per dare a una sola molecola un movimento proprio, bisogna vincere la forza ch'esercitano su di essa tutte le altre molecole circonvicine. Per dare un movimento proprio ad un gruppo di molecole, bisogna pure vincere la forza ch'esercitano su di quello tutti gli altri gruppi: ma è più facile, che un gruppo di molecole formi un completo sistema di equilibrio, e si muova tutto insieme come una sola cosa, mentre è assai più difficile, che una sola molecola formi da sè sola un sistema completo e prenda un movimento tutto proprio. Cresce con maggior ragione la difficoltà nel rimuovere una sostanza semplice elementare per iscioglierla dalla sua ammolcolazione, e portarla in una molecola differente.

Sotto questo riguardo le forze chimiche, e tutte le forze che si son credute appartenere ai Fluidi Imponderabili, siccome tendono a rimuovere elementi, o molecole da molecole, sono più poderose e più energiche assai di quelle forze meccaniche, colle quali rimoviamo un corpo da un altro, una massa da un'altra. Laonde vediamo, che accumulate quante si vogliano forze meccaniche, spesso non si arriva ad ottenere una fusione molecolare, un'operato chimico; mentre all'opposto un'operazione chimica genera tanta forza che, essendo ben raccolta, può vincere di gran lunga le più energiche forze mecca-

che da noi conosciute. Quale immensa forza non produce il vapore! Quale immensa forza non ci van preparando le macchine elettriche! — Le nostre forze meccaniche muovono per ordinario le masse, ma non arrivano ad imprimere un movimento proprio a ciascuna molecola individualmente. Si guardi il fenomeno della combustione lucida: colà svolgimento inesaurito di calorico, colà svolgimento di luce, colà elettricità abbondantissima. Pare una forza che opera sordamente, perchè è confinata dentro piccolo spazio e non è accompagnata da grandi rumori; ma essa attacca ogni molecola, anzi ogni elemento in particolare, e costringe ciascuno a muoversi in un modo tutto proprio e speciale.

Stabilisco dunque, che una *vibrazione sonora* è composta da molte molecole formanti un'arco sonoro, come mostra l'esperienza; e la *vibrazione lucida* si compie totalmente in ognuna delle molecole, come meglio confermerò con fatti e ragioni, quando toccherà a parlare delle interferenze.

CAPO III.

DELLE SORGENTI DELLA LUCE

§ 145 *Per quali ragioni accada la combustione oscura, — principalmente nei polmoni — Per quali ragioni accada la combustione lucida, — principalmente nella fiamma.*

Dopo quanto ho esposto sulla particolarità di natura e cagioni della vibrazione lucida, è agevole indovinare a priori, quali possano essere le sorgenti più naturali della luce.

Nella combustione (§ 51, 58, 137) vi sono due correnti contrarie, una del gas che si esala, l'altra della sostanza che va a fissarsi. La combustione però può essere vigorosa o debole, può essere rapida o lenta, secondo il maggiore o minor numero di condizioni che favoriscono il chimismo. Da ciò nasce, che la combustione alle volte è oscura, alle volte è lucida.

Prendo per esempio la combustione che si effettua dentro i nostri polmoni: essa non è nè vigorosa, nè rapida, perocchè la quantità dell'ossigeno che vien rapito all'aria per combinarsi al carbonio esistente nel sangue, la quantità di acido carbonico e di vapore aqueo che viene espirata, ed il tempo che passa dal cominciare di una ispirazione sino al compiersi della seguente espirazione, non sono affatto grandi in proporzione al volume dei polmoni ed alla quantità del sangue che l'inalfia. Per tal ragione la combustione dei polmoni è sempre oscura: manca infatti l'energia e la rapidità nelle due correnti contrarie, condizione essenziale per lo sviluppamento della vibrazione lucida nelle molecole (§ 139).

Il raro fenomeno dell'*accensione spontanea* in alcuni uomini diverrà tostamente intelligibile, qualora si rifletta, che per rendere lucida la combustione pulmonare bisogna accrescere in alto grado la energia e la rapidità del chimismo che ivi si opera: il che può accadere qualora il corso della circolazione pulmonare divenga rapidissimo, le ispirazioni e l'espirazioni sian frequentissime, e fra i principii costitutivi del sangue vi si trovino delle sostanze che prestamente s'inflammino al contatto dell'ossigeno aereo, come sono le particelle fosforiche o altre sostanze consimili.

Il fuoco è per noi una sorgente vastissima di luce, sia che presenti la fiamma, sia che presenti la sola incandescenza, come nei metalli roventi. Io feci conoscere, appoggiandomi alle osservazioni di Davy (§ 58, 137), che nei tre casi sovrapposti, i quali costituiscono la fiamma, vi ha il conflitto delle due correnti contrarie: conflitto vigoroso e rapido, se si abbia riguardo alla grande scomposizione che l'aria soffre perdendo il suo ossigeno, ed alla decomposizione che soffrono le sostanze brucianti, da cui si discioglie quella colonna di gas che prende la forma di fiamma.

Il cono più lucido non è nè il primo nè il terzo, ma il secondo; perocchè il conflitto maggiore tra le due correnti opposte succede nel secondo cono. Tutte le molecole del gas,

che si esala, vengono ad essere incontrate; e soffrono l'attrito di un'altra corrente di molecole, che vanno a fissarsi sul corpo bruciante: la forza delle due correnti è ugualmente vigorosa ed ugualmente rapida, perchè l'assorbimento è uguale all'esalazione, e sono amendue effetti immediati di una doppia decomposizione e di una doppia ricomposizione chimica. Quindi le molecole dell'una e dell'altra corrente sviluppano quelle alternative semirotazioni, che costituiscono l'onde lucide (§ 137).

§ 146 *Delle varie incandescenze dei metalli, e di altri corpi.*

La incandescenza dei metalli, del carbonio e di altre sostanze simili, presenta un fenomeno niente diverso da quello della fiamma; imperocchè i metalli non si arroventano mai, se non giungono al grado di poter decomporre l'aria, che li circonda, per attirare l'ossigeno fra i loro pori e congiungerlo strettamente alle loro molecole. Intanto i metalli, che diventano roventi, possono difficilmente essere decomposti, e per tal ragione non si esala da essi quella colonna di gas, la quale si sviluppa sopra quei corpi che ardono con fiamma. In conseguenza, nei metalli incandescenti vi ha una corrente di ossigeno, che penetra vigorosamente e rapidamente tutti i loro pori, ma la corrente dell'ossigeno non viene incontrata da altra contraria corrente di gas esalante: il conflitto ha luogo tra ciascuna molecola metallica e ciascuna molecola di ossigeno: per la rapidità ed energia del loro attrito reciproco le molecole rispettive si pongono in vibrazione, ed il fenomeno della luce si manifesta.

Ma è una luce debole, non bianca, non molto chiara; ed è tanto più cupa, quanto è maggiore la strettezza di coesione tra le molecole metalliche, sicchè sia impedita in esse la vibrazione. Diviene però meno cupa, se al metallo sieno congiunte altre straniere sostanze, capaci di essere esalate in forma di gas per mettersi in conflitto colla contraria corrente dell'ossigeno. Diviene altresì meno cupa, se il metallo può

tostamente volatilizzarsi, e ciò per le stesse anzidette ragioni: difatti il potassio s'infiamma prestamente, e si volatilizza in parto, allorchè si trova in contatto coll'ossigeno dell'aria atmosferica.

Volete che un metallo si arroventi al grado di spandere luce bianca e ben chiara? Immergete dentro un tubo ripieno di solo ossigeno un fil di ferro rovente; esso s'infiamma, e giunge benanche al grado di fondersi e di volatilizzarsi. Facendo passare a traverso di un corpo rovente una corrente gassosa, la luce diviene sempre più intensa e più bianca: ne son prova i nostri carboni ordinarii, che rendono una luce più viva, quando sono attraversati da una corrente di aria; ed anche più viva assai, quando la corrente che l'attraversa è di solo ossigeno. Ma, quanto più intensa è la luce ch'essi rendono, tanto più presto si consumano e si disciolgono: prova manifesta, che la intensità della vibrazione lucida va sempre in proporzione colla intensità e velocità delle due correnti contrarie, la corrente di esalazione, e la corrente che va a fissarsi sul combustibile.

§ 147 *Della fosforescenza — Della luce elettrica — Della luce per attrito, e dei modi di accrescerla.*

La fosforescenza è un'altra sorgente di luce. Il fosforo è un corpo che sta in combustione permanente, appena trovi la menoma quantità di ossigeno con cui possa combinarsi. Ciò dipende dalla speciale affinità ch'egli ha pel detto ossigeno, non che dalla prontezza con cui le sue molecole si disciolgono, facendo una continua corrente di esalazione fosfurosa. Succede perciò il continuo conflitto tra le due correnti contrarie; il quale conflitto è tanto più intenso, quanto più puro è il fosforo, e quanto maggiore è la quantità dell'ossigeno che gli è in contatto. Se volete una luce vivissima e rapidissima, immergete il fosforo dentro una campana ripiena d'ossigeno: egli arderà con una luce la più bianca che si sia mai veduta,

ma si consumerà prestissimamente; e si vedrà in modo assai sensibile la rapidità della forza infiammante, che corrisponde puntualmente al vigore, alla rapidità del chimismo, ed all'urto delle due correnti contrarie: cose tutte, le quali risultano dalla combinazione del fosforo coll'ossigeno. I fuochi fatti delle paludi e dei sepolcreti si sa bene dipendere da cagioni pressochè consimili.

La elettricità è benanche un'altra sorgente di luce, la quale ora si va con tanto successo ad impiegare per la illuminazione notturna. Qui mi astengo dall'entrare nelle ragioni, per le quali la elettricità è caglione di luce; imperocchè è necessario prima determinare la vera natura dello elettro-magnetismo: ne parlerò nel Libro III, qualora occorrerà favellare degli effetti elettrici.

Finalmente un movimento vigorosissimo e rapidissimo di un corpo pesante dentro un fluido elastico, oppure due movimenti contrarii e contemporanei di due grandi corpi, i quali abbiano in mezzo un altro corpo atto a vibrare, son tutti capaci d'imprimere nelle molecole il moto alternativo della vibrazione lucida. Di ciò ragionarai sopra (§ 138), e più estesamente ne ragionerò sulla fine di quest'Opera, quando applicherò i principii esposti al Sole, ed ai principali fenomeni del sistema astronomico.

La intensità della sorgente lucida essendo proporzionale alla vigoria ed alla celerità dell'attrito con cui si urta molecola a molecola, ne sorge, che la luce deve riuscire più viva e si deve estendere a tanta maggior distanza, quanto più forte è il conflitto delle molecole, più rapide le loro onde, più energiche e più continue le loro vibrazioni. Lo stato di luce, che si emette da una delle nostre candele, non sarebbe mai capace d'illuminare un gran bosco, una città, una gran pianura: esso a lunga distanza diventerebbe benanche invisibile. Ma l'uomo arriva ad aumentare la combustione, a segno di renderla vigorosissima e piena di molta luce; arriva benanche a moltiplicare i raggi lucidi mercè gli strumenti riflettenti e

rifrangenti, ed allarga le illuminazioni a grandi distanze. Nessuna però giunge ad eguagliare la copia di luce proveniente dal Sole e dagli altri corpi celesti, poichè nessuna delle combustioni nostre può esercitare attrito cotanto forte sulle molecole, quanto esercitar ne può ognuna di quelle masse smisurate.

§ 148 *Della luce colorata — Come si decomponga e come si ricomponga la luce bianca.*

Ho ripetuto più volte (§ 146), che la luce, quando è più intensa, è più bianca: essa incomincia a colorarsi e prende dell'e tinte più cupe, quando è più debole. La luce alle volte nasce colorata dalla sua stessa sorgente: così la luce della strontiana nasce rossa, verde di pomi quella della barite, verde turchinicia quella degli ossidi di rame, ec. Alle volte però la luce nata bianca soffre scomposizione per causa dei mezzi diversamente rifrangenti, per li quali è costretta passare, oppure per causa delle lamine superficiali dei corpi, che ritengono a sè alcuni colori, ed altri ne rimandano.

Per quanto io mi sappia, i sostenitori delle vibrazioni non hanno addotto una spiegazione conveniente per far comprendere, come sia possibile che una vibrazione bianca disciolgasi in tante secondarie vibrazioni, quanti sono i colori da cui risulta il bianco. Gli antichi sostenitori della ipotesi dell'emissioni supponevano il raggio della luce bianca composto effettivamente da un fascio di sette raggi, i quali, avendo diversi gradi d'intensità, vengano diversamente rifratti dai mezzi per cui passano: onde dicevano, che i raggi si dividono e danno luogo allo spettro.

È degno però di osservazione nello spettro quel graduato passaggio di un colore in un altro, inguisachè si può dire, che non si presentino mai vicini due colori totalmente diversi e spiccati; ma a grado a grado un colore si va spiccando dall'altro, finchè giunge alla maggior limpidezza; quindi incoincide

212 LIBRO II, SEZIONE I, CAPO III.

cia un'altra volta a mescolarsi col colore che gli viene appresso. — È una cosa eziandio degna di osservazione, che un sol pennello di luce bianca del diametro di pochi centimetri, poichè vien decomposto per mezzo del prisma, è capace di produrre uno spettro della grandezza di qualche metro. Raccolti poi tutti i raggi dello spettro, e ricongiunti in un solo punto, ricompongono un'altra volta la luce bianca.

Tutte queste osservazioni ci menano a dire, che l'arco completo della vibrazione sia quello che costituisca la luce bianca; ed essa è tanto più bianca, quanto più velocemente ogni molecola compisce l'arco della sua semirotaazione. Potendo però gli archi delle vibrazioni essere minori di un semicerchio, ne nasce, che la vibrazione, da cui è costituita la luce bianca, può a grado a grado decomorsi in tante vibrazioni più piccole, in quanti più piccoli segmenti può essere diviso l'arco totale. Una volta però che tutti questi segmenti di arco vengano a ricongiungersi, tosto ne rinasce l'arco completo, cioè la luce bianca.

L'analisi della luce bianca consiste nella decomposizione dell'arco, che descrive la molecola nella sua vibrazione lucida. Come all'opposto, la sintesi della luce consiste nella ricongiunzione dei segmenti di arco che vanno a poco a poco a ricompier la vibrazione della luce bianca.

§ 149 *Perchè alcune sorgenti rendono luce colorata?*

Qui non istarò ad indagare, come influiscano i mezzi diversamente rifrangenti a decomporre l'arco completo della vibrazione lucida in tanti segmenti di vibrazioni parziali: questo sarà trattato nella Sezione seguente. Per ora mi limiterò a ricercare, per quali ragioni alcune sorgenti producono vibrazioni lucide non bianche, ma colorate.

Bisogna ben comprendere la teoria dell'onda lucida e dei segmenti di onda per capire la origine della luce colorata. — Sorge da' principii esposti nelle Nozioni Premesse (§ 4, 10)

che, siccome gli elementi semplici sono necessariamente in contatto fra di loro e formano le molecole, così le molecole stanno fra di loro per necessità in continuo contatto e formano gli aggregati. Nello imprimersi dunque un movimento ad una determinata quantità di molecole, possono due casi avvenire, cioè: può quella determinata quantità di molecole distaccarsi dalle altre, prendere una direzione ed un movimento proprio, ed allora si manifesta il moto meccanico; può altresì accadere, che una massa molecolare riceva un tal movimento che agiti ciascuna delle singole molecole, senza distaccare la intera massa dalle altre sue vicine. Appena una molecola prende un movimento di rotazione intorno al proprio asse, fa d'uopo che le molecole poste con essa in contatto, prendano pure un movimento consimile: la ragione di ciò si è, che ogni molecola è equilibrata e tenuta nel suo posto mercè il contatto necessario di tutte le molecole, che la circondano (§ 5); e perciò, turbatosi in una lo stato di quiete, si perturba nelle altre di seguito.

Intanto le molecole non sono tutte omogenee nè in numero di componenti, nè in densità (§ 7). Ciò cagiona una disegualianza di comunicazione nei movimenti vibratorii da una molecola all'altra, perocchè, mentre una molecola compie un'arco di rotazione intorno al proprio asse, un'altra molecola di disuguale densità, che con essa è in contatto, non può esser mossa nè con eguale velocità, nè con eguale direzione. Qualunque sia però il moto che prendono le molecole intorno al proprio asse, sempre descrivono dei segmenti di arco, più brevi o più lunghi secondo la circostanza.

Ecco dunque le condizioni che concorrono alla composizione e decomposizione della luce. — Se le molecole componenti questa massa mondiale non potessero muoversi intorno al proprio asse, la luce non esisterebbe nel mondo. Se tutte le molecole fossero omogenee in densità, tutte prenderebbero eguali movimenti di rotazione intorno al proprio asse, la luce o sarebbe tutta uniforme nel mondo, o si cangerebbe uniformemente di

tempo in tempo. Essendo però le molecole capaci di aggirarsi intorno al proprio asse ed eterogenee in densità, ne siegue che lo stato di luce esista, e che le sorgenti lucide non possano renderla tutta di un colore. — Quelle molecole, che sono tra loro più omogenee, compiscono vibrazioni più uniformi, quelle al contrario, che son tra loro più eterogenee, eseguono vibrazioni più diverse.

Or se la forza, che mette la molecola in vibrazione, è talmente grande, che possa farle compire l'arco della semirotazione, allora la luce è bianca; e se le molecole continuano per lungo tratto ad essere uniformi nella densità, lo stato di luce bianca si estenderà pur'esso per lungo tratto. Ma se la forza, che muove la molecola intorno al proprio asse, non è tale che possa farle descrivere l'arco intero della semirotazione, allora la luce uscirà colorata, ed uscirà precisamente tinta di quel colore, che corrisponde al segmento dell'arco che la molecola descrive. Qualora poi le molecole sieno per lungo tratto uniformi fra loro nella densità, lo stato di luce, che usci primitivamente colorato dalla sorgente, siegue a camminare nello stesso colore. — Parlerò a suo luogo della refrazione e del cromatismo tanto della luce bianca, quanto dei raggi colorati.

§ 150 *I colori son chiusi di grado in grado uno dentro l'altro — Perchè nello spettro due colori assoluti non si veggano mai vicini — Conclusione di questa Sezione.*

Se è vero, che i colori consistono in tanti segmenti di arco, la cui totalità compone la luce bianca, i colori debbono esser chiusi uno nell'altro, siccome il segmento più piccolo è contenuto nel segmento più grande, e questo in un altro più grande, e tutti poi sono contenuti nell'arco principale. Ma l'esperienza questo mostra. I raggi colorati, dal violetto sino al rosso, si contengono uno nell'altro: infatti l'esperienza di Newton sulle lamine sottili, e quelle fatte direttamente colla riu-

nione dei colori semplici per mezzo degli specchi, han dimostrato come i sette colori dello spettro si producono a poco a poco riunendo un colore all'altro: anzi Newton ha calcolato le precise proporzioni, con cui stan tra loro i sette segmenti di arco, che compongono i sette colori del detto spettro. Questa altresì è la ragione, per cui una tinta serve di complemento all'altra.

Pertanto è impossibile vedere nello spettro un colore assoluto vicino ad un altro pure assoluto, pertanto i sette colori si van tra loro a grado a grado mescolando, perchè ogni molecola nel compiere la sua vibrazione non può descrivere un segmento di arco perfettamente corrispondente ad un preciso e spiccato colore; ma tutte le molecole van descrivendo di mano in mano segmenti d'arco sempre più piccoli; e perciò ne risultano quelle tinte mescolate, che dal segmento di arco più grande giungono al segmento di arco più piccolo.

Ciò conferma mirabilmente la teoria delle *vibrazioni*, ed esclude quella dell' *emissioni*. Poichè, se fosse vero che i sette colori fossero sette veri raggi di sette sostanze riunite, allorchè incomincerebbe la refrazione per causa del prisma, dovrebbe ognuno dei sette raggi prendere una propria direzione, e nello spettro dovrebbero comparire sette strisce assolute corrispondenti a sette distinti colori. Al contrario, siccome l'arco della vibrazione deve di grado in grado scomporsi in tanti segmenti di arco, decreascenti a poco a poco un dopo l'altro, ne siegue che i sette colori non possono mai esistere in sette strisce assolute, ma debbono a poco a poco trasportarsi uno nell'altro. Ma di ciò ritornerò a parlare nella seguente Sezione.

Tutte dunque le sorgenti dello stato di luce si possono ridurre alla *combustione*, e sotto di essa va compresa la *fosforescenza*; alla *elettricità*; ed all'*attrito* violento e rapido dei grandi corpi. Per tutte queste sorgenti vien prodotta un'alternativa semirotazone in ciascuna delle molecole, e le due semirotazioni formano un'onda o una vibrazione lucida. Tutta la va-

rietà dei colori, il miscuglio delle loro tinte, la loro sintesi o la loro decomposizione dipendono totalmente da ciò, che l'arco della vibrazione può essere diviso in tanti segmenti parziali, di cui uno contiene l'altro.

SEZIONE II.

DEL CAMMINO DELLA LUCE

§ 151 *Nell'odierno linguaggio non sarebbe giusto il dire, che cammini una sostanza luce, bensì uno stato di luce.*

Essendo caduta la teoria dell'emissione, è venuta meno l'opinione che dava alla luce un corpo proprio, una propria sostanza. Nella dottrina di Cartesio e di Fresnel la luce venendo considerata come una vibrazione, altro non è che uno *stato* del corpo, non mai una sostanza per sè. Perciò a ragione si può dire, anche nell'odierno linguaggio dei Fisici che sostengono le vibrazioni, lo *stato* di luce, e non la *sostanza* luce, partire dalla sorgente e mettersi in cammino. Lo dissi fin dal principio di questo Libro (§ 128): l'unica differenza che divide me dagli altri Fisici si è, ch'essi ammettono la vibrazione nell'etere imponderabile, io però ho contraddetto la supposizione di quell'etere (§ 130 e seg.); nello stesso tempo ho dimostrato, che le molecole della materia ponderabile entrano in vibrazione, e che le loro vibrazioni, o complete o parziali, costituiscono la luce bianca e tutte le luci colorate (§ 136 e seg. § 145 e seg.).

CAPO I.

DELLA RIFLESSIONE, DIFFRAZIONE, ED INTERFERENZE

§ 152 *Il fenomeno della riflessione prova, che la luce non è vibrazione di etere imponderabile.*

Se fosse vero, che la vibrazione lucida si esercitasse sopra un'etere impenderabile; oppure (per combattere insieme la teoria dell'emissione) se fosse vero, che la luce fosse una sostanza fluida imponderabile movente dal punto lucido, essa o nell'una o nell'altra ipotesi non dovrebbe nè potrebbe riflettersi. Il fenomeno della riflessione e tutte le sue particolarità contraddicono amendue le sudette ipotesi.

Io ho dimostrato (§ 131, 134), che tutto quello che non sarebbe ponderabile, non potrebbe incontrare ostacolo, nè potrebbe avere relazione di veruna sorta colle molecole ponderabili; imperocchè la ponderabilità è un risultamento dell'azione mutua delle molecole; ed affinchè una sostanza resti esente dal risultamento generale della ponderabilità, è necessario che non abbia azione di sorta, nè stia in contatto con verun'altra sostanza: cosa impossibile, poichè nessuno elemento semplice, nessuna molecola può essere circondata dal vuoto assoluto, priva del contatto degli altri elementi o molecole (§ 4). Dunque la luce, se fosse una sostanza imponderabile o una vibrazione di etere imponderabile, non dovrebbe trovare ostacolo nei corpi riflettenti, nè dovrebbe da loro essere rimbalzata.

Ed in vero, l'etere imponderabile, secondo i sostenitori delle vibrazioni, si deve trovare in tutti i corpi o diafani o opachi (§ 130): perciò, scoccata una volta la vibrazione dal punto lucido, se essa dovesse unicamente camminare sull'etere imponderabile, potrebbe continuar la sua via a traverso di qua-

lunquo corpo, anche a traverso degli specchi meglio riflettenti, dei corpi più lisci o più levigati. Perchè mai la vibrazione caduta sull'etere, che sta nella superficie di uno specchio, dove piegarsi ad angolo e riflettersi in una direzione contraria? Perchè mai non s'interna tra i pori dello specchio, e non siegue il suo corso, lungo l'etere imponderabile che in essi pori si annida?

Si dirà, che l'etere imponderabile deve occupare i pori lasciati vacui dalla materia ponderabile, e tali pori non sono sempre in linea retta, ma in tante linee oblique tortuose ed intrecciàntesi tra di loro: perciò non potrebbe la vibrazione seguire il corso dell'etere imponderabile senza deviare dalla sua direzione: ella dunque, lungi dall'intricarsi in istrade non rette, torce via, rimbalza del tutto, e produce la riflessione. — Ma che? tante volte la luce non si addentra nei corpi opachi, e non va a perdersi pienamente dentro i loro pori? Qual ragione vi ha che un corpo, per essere liscio e ben pulito nella superficie, deve fare rimbalzare la luce; mentre se esso fosse stato scabro, avrebbe seppellito nel labirinto de' suoi interstizii tutto il fascio dello ondo lucide che lo colpisce? — Lo stesso si può dire nel caso, che si voglia ammettere la luce come una sostanza per sè, fluida ed imponderabile.

§ 153 *Il fenomeno della diffrazione prova che la luce non è vibrazione di etere imponderabile, nè sostanza imponderabile.*

Quello poi che riesce più maraviglioso a concepire si è il fenomeno della diffrazione; imperocchè per la sola caduta del raggio lucido sopra l'orlo di un corpo sottile la luce si spezza, ed una porzione vien riflessa, un'altra vien rifratta e colorata: dal che hanno origine le *frange*, e tutti i fenomeni delle *reticelle*. Come è possibile che una sostanza imponderabile, o una vibrazione fatta sopra una sostanza di tal natura, sia spezzata dalle piccole prominenze e dagli orli sottili dei corpi ponderabili? Come è possibile che una sola e medesima onda

di luce sia divisa in due parti; una per essere riflessa, e l'altra per essere rifratta nella forma spettrica di una frangia? Nello piccole prominente dei corpi rigati, negli orli dei buchi delle fessure e delle lamine sottili non esiste forse l'etere imponderabile? non sostengono questo i Fisici d'oggi? Ed i sostenitori dell'emissione lucide non debbono convenire, che la sostanza fluida imponderabile sia capace di permeare i pori di qualunque prominenza, di qualunque orlo più piccolo e più sottile? Perchè dunque il raggio lucido deve rompersi in due parti? perchè una porzione è costretta a rimbalzare per riflessione, ed un'altra è costretta a scomporsi per rifrazione in una frangia colorata? Ammettere questo connubio di azioni tra la sostanza ponderabile e la imponderabile, ammettere che le molecole ponderabili sieno capaci di spezzare le molecole imponderabili ovvero le loro vibrazioni, è proprio controvenire a tutti i principii di distinzione, che si stabiliscono dai Fisici medesimi per discernere le sostanze pesanti dalle non pesanti.

§ 154 *Del modo vero in cui avvengono la riflessione regolare; e la irregolare mista a refrazione.*

Riguardando poi più in particolare i fenomeni della riflessione, vi scorgiamo tutte le regole che seguono i corpi ponderabili nel loro rimbalzo meccanico, le quali si riducono a due leggi principali: 1° il piano di riflessione coincide con quello d'incidenza; 2° l'angolo di riflessione è uguale a quello d'incidenza, ed è situato dall'altra parte della perpendicolare. Ora tutte le leggi del rimbalzamento meccanico dei corpi si spiegano esattamente per le leggi della gravitazione, ossia dell'attrazione universale: dunque, se la luce nel suo cammino riflesso rimbalza pure con quelle stesse leggi, che appartengono ai corpi ponderabili, fa d'uopo che anch'essa obbedisca ai principii della gravitazione, e in altri termini, fa d'uopo che essa sia una delle modificazioni dei corpi stessi ponderabili.

Ed in vero, poichè si mettono in vibrazione le molecole

dell'aria, la luce si pone in cammino. Giunta però alla superficie di un corpo solido, o in generale, alla superficie di un corpo più denso dell'aria, deve per necessità soffrire una positiva modificazione nel suo cammino ulteriore. Avviene il caso che le molecole vibranti dell'aria s'imbattano in una superficie tutta eguale, liscia e levigata, come negli specchi: allora le vibrazioni delle molecole aeree debbono rimbalzare, il piano della riflessione deve coincidere con quello d'incidenza, l'angolo della riflessione deve essere eguale a quello dell'incidenza, e deve stare dall'altra parte della perpendicolare. Non può succedere diversamente. Imperocchè in uno specchio tutte le molecole si trovano fra loro uguagliate per quanto più si può, e quindi reagiscono tutte ugualmente alla vibrazione, che su di esse esercitano le molecole dell'aria. Allorchè la reazione è da tutte parti eguale, ne siegue per conseguenza necessaria la riflessione, la quale prende un cammino simmetrico a quello dell'incidenza.

Ciò succede principalmente in quei corpi, che per la particolare struttura e posizione delle loro molecole reagiscono alla vibrazione ricevuta.

Ma sulla superficie dei liquidi e sulla superficie di alcuni corpi solidi diafani avviene un caso ben diverso; poichè, essendo questi corpi disposti a ricevere nelle loro molecole la vibrazione lucida, non possono tutta quanta rimbalzarla. Essi intanto, costando di molecole più dense dell'aria, non possono ricevere dalle molecole aeree una vibrazione totalmente conforme a quella delle stesse molecole dell'aria. Perciò una porzione di luce vien riflessa dalla prima superficie dei detti corpi, ed una porzione si addentra nelle loro molecole, rifrangendosi ed anche colorandosi, in proporzione della densità che in esse trova.

La forza dell'ostacolo, che incontrano le vibrazioni delle molecole aeree, si scorge sensibilmente sulle dette superficie dei corpi diafani; imperocchè, sebbene le molecole di essi corpi diafani prendano per comunicazione il movimento vibratorio,

pure la loro prima superficie oppone un vero ostacolo alla vibrazione delle molecole aeree. Laonde succede nel medesimo tempo un doppio effetto, cioè: le molecole del corpo diafano prendono la vibrazione loro propria, e le molecole dell'aria riflettono quel rimanente di vibrazione che non puossi comunicare alle molecole del corpo diafano, facendo il solito angolo di riflessione eguale a quello dell'incidenza, e dall'altra parte della perpendicolare.

Intanto la vibrazione lucida non si bipartisce realmente; piuttosto si effettuano due serie di vibrazioni, aventi origine dalla vibrazione primitiva che producono le molecole dell'aria sulla superficie del corpo diafano: una serie di vibrazioni prende per rimbalzo la via della riflessione, ed un'altra serie s'interna nelle molecole del corpo diafano, rifrangendosi con coloramento o senza. In tal caso quella che veramente soffre bipartizione è la intensità del moto vibratorio; infatti l'onda riflessa non ha lo stesso vigore dell'onda incidente, e per tal ragione l'angolo della riflessione, in questo preciso caso di cui parliamo, non risulta mai uguale all'angolo della incidenza: onde la riflessione risulta *irregolare*. Parimento le serie di vibrazioni, che seguono la loro via per entro il corpo diafano, non hanno la stessa intensità della vibrazione originaria, che portavano seco le molecole dell'aria. E questa pure è una ragione dippiù, che concorre a fare più rifrangere il raggio lucido che ivi s'interna; imperocchè, quanto minore è la intensità della forza vibrante nelle molecole, tanto più presto è vinta dalla forza della resistenza; ed il raggio della vibrazione è obbligato sempre più a torcere strada ed allontanarsi dalla perpendicolare.

§ 155 *Spiegazione del fenomeno della diffrazione, — e di quello delle reticelle, il quale esclude ogni possibilità di vibrazione su di etere imponderabile.*

Nella ugual maniera si deve discorrere intorno al fenomeno della diffrazione. Poichè una serie di vibrazioni va a cadere

sull'orlo di una lamina sottile, deve nascere per necessità intorno a tutto l'orlo come un'aureola di vibrazioni, cioè: dal piano stesso d'incidenza le molecole di aria debbono prendere un moto vibratorio in senso di riflessione; dal piano sottoposto le altre molecole, che si trovano proprio in contatto col taglio della lamina sottile, ricevono anch'esse la vibrazione, ma non la ricevono in una linea dritta, nè con tutta la intensità con cui essa viene originariamente. Tutte le molecole sottoposte all'orlo della lamina sottile ricevono da ogni punto dell'orlo tanti raggi di vibrazione, i quali si dividono come altrettanti raggi di cerchio aventi per centro il punto dell'orlo medesimo: da ciò si segue, che la estensione della linea vibrante prende tutto insieme un'allargamento, e si apre a modo di un'arco, o per meglio dire, a modo di una *frangia*. Per questa stessa ragione, mentre le vibrazioni si moltiplicano e si allargano ad un maggior numero di molecole, la loro intensità viene meno.

Allora ogni molecola nel vibrare descrive un segmento di arco sempre più piccolo di quello, che descrivevano le molecole vibranti del raggio incidente sull'orlo: ma ogni qualvolta le molecole incominciano nelle loro vibrazioni a descrivere segmenti di arco sempre più piccioli, allora si presentano gradatamente i sette colori dello spettro (§ 148): perciò le frange, che risultano dalla incidenza della luce sugli orli delle lamine sottili, debbono essere tinte del settemplice colore dello spettro: e così difatti sono.

Presso a poco avvien lo stesso, quando la serie delle vibrazioni lucide va a cadere sopra dei corpi lisci, atti a trasmettere o a riflettere la luce, sui quali sieno stati fatti dei piccioli solchi: si presentano allora i così detti fenomeni dello *reticelle*. Tai fenomeni dipendono interamente dalla diffrazione, che soffre la luce sugli orli dei piccioli solchi. Babinet ha ridotto questi fenomeni alla loro legittima spiegazione mercè la teoria delle onde lucide che s'incontrano e generano le interferenze, unitamente all'altra teoria della parziale riflessione e della parziale refrazione che succedono sui piccioli orli dei

solchi sudetti.—Or se fosse vero, che le vibrazioni lucide si dovessero esercitare sopra l'etere imponderabile, come lo stesso Babinet impegnato era a sostenere, allora nè diffrazione, nè interferenze dovrebbero avvenire sulle reticelle; imperocchè l'etere imponderabile, secondo i Fisici che l'ammettono, si trova tra gli orli dei medesimi solchi, si trova sul resto della lamina non solcata: dunque la vibrazione dovrebbe sempre tirare la sua via, senza soffrire nessun rimbalzo, senza rifrangersi, senza colorarsi.

§ 156 *Teoria di Fresnel sulle interferenze e sulle frange.*—*Modificazione che vi si deve fare.—Esperimenti da farsi in compruova.*

I fenomeni delle interferenze, e quelli delle frange che ne conseguivano, sono stati così bene spiegati e calcolati da Fresnel, che il sistema delle vibrazioni è venuto perciò a rassodarsi pienamente. Egli ha provato come sia possibile, che luce aggiunta a luce generi oscurità; egli ha dimostrato come due raggi lucidi, riflessi da due specchi convenientemente inclinati, incomincino fra loro a differire di alcuno semiondulazione, perlochè in alcune volte le due vibrazioni contrariamente riflesse coincidono in un sol punto e si distruggono a vicenda generando l'oscurità, ed altre volte per lo ritardo delle rispettive semiondulazioni non coincidono, o coincidono solamente in parte, e perciò le vibrazioni rispettive s'indeboliscono a grado a grado, fino al punto della totale coincidenza nel quale si distruggono. Ma ogni qual volta l'arco della vibrazione va diminuendosi gradatamente, si presentano i sette gradusti colori dello spettro (§ 148, 150). Perciò si veggono nascere le *frange*, le quali hanno nel mezzo una riga lucida più viva, corrispondente al punto in cui la vibrazione della molecola si trova nella sua maggiore integrità, ed al loro termine hanno una riga oscura, corrispondente al momento in cui la vibrazione della molecola è ridotta al minimo per l'in-

contro della vibrazione contraria. In questo modo si è venuto a conoscere, che le righe più lucide corrispondono alla vibrazione più intensa, e le righe più oscure alla vibrazione più debole, o alla vibrazione estinta. Nel che le osservazioni di Fraunhofer han confermato senza saperlo le teoriche di Fresnel.

Tutte queste calcolazioni possono bene essere ritenute, perchè conformi esattamente alla natura ed all'andamento delle vibrazioni lucide. La sola variazione ch'io pretendo dovervisi fare è la seguente: che lungi dallo spiegare le interferenze collo incontro o totale o parziale delle vibrazioni di etere imponderabile, è necessità spiegarle collo incontro delle vibrazioni della materia ponderabile. E che si debba fare questa sola variazione, apparisce chiaro, se si rifletta che il fenomeno delle interferenze, e le frange da esso risultanti, cangiano aspetto, appena si fa cangiare la natura del mezzo, in cui esse debbono avvenire. Finora, per quanto io mi sappia, le interferenze sono state osservate coi raggi lucidi camminanti entro l'aria: bisogna che si facciano esperienze coi raggi riflessi dagli specchi inclinati dentro l'acqua, dentro l'alcool, dentro altri liquidi, come pure dentro altri gas diversi dall'aria. Bisogna però aver riguardo al diverso indice di rifrazione, che appartiene ai detti mezzi secondo la speciale loro densità, affinchè gli specchi si sappiano inclinare in modo, che i raggi contrariamente riflessi, non ostante la refrazione che debbono soffrire, possano effettivamente incontrarsi per dare luogo alle interferenze. Si vedrà allora, che le frange varieranno di dimensione secondo la diversa natura dei mezzi, si vedrà pure, che le righe lucide e le oscure varieranno d'intensità colla medesima proporzione.

Da tali nuovi esperimenti si potrà dedurre, che l'incontro delle vibrazioni succeda nelle molecole ponderabili, alla cui natura e densità gli effetti in detto incontro sono proporzionali; mentre, se succedessero sopra l'etere imponderabile, come quello che non può aver relazioni colla diversa natura e densità delle molecole ponderabili (§ 133, 134), gli

effetti delle interferenze dovrebbero sempre essere identici dentro qualunque mezzo, e sotto qualunque potere rifrangente.

CAPO II.

DELLA REFRAZIONE SEMPLICE, ACROMATICA E CROMATICA — DELLA REFRAZIONE DOPPIA E DELLA POLARIZZAZIONE.

§ 157 *La rifrazione prova, che la vibrazione lucida si effettua sulle molecole ponderabili, e non mai sulle imponderabili.— Cause della rifrazione.*

Se fosse vero, che le vibrazioni lucide si esercitassero sopra l'etere imponderabile, il cammino della luce non potrebbe patire refrazione per sola cagione della diversa densità dei mezzi per li quali ella passa. La luce non potrebbe benanche cambiare velocità per la medesima causa della diversa densità molecolare. La ragione è quella stessa che ho ripetuto più volte (§ 131, 134), che i movimenti di una sostanza imponderabile (se essa potesse esistere) non potrebbero mai essere ritardati, nè deviati, nè potrebbero avere relazioni di sorta coi movimenti e colla diversa densità delle molecole ponderabili.

Piantato una volta il principio che le vibrazioni lucide succedano nelle molecole ponderabili, è facile persuadersi che il cammino di esse vibrazioni deve variare d'intensità, e perciò di direzione e velocità, tutte volte che la serie delle vibrazioni, da un mezzo avente una speciale densità, passa ad un altro mezzo che ne abbia un'altra. Le molecole meno dense son quelle che possono con maggior facilità, e perciò con maggior velocità, muoversi intorno al proprio asse. Al contrario le molecole più dense debbono esser mosse da una forza mag-

giore per poter ruotare intorno al proprio asse. Perciò, avuto dalla sorgente lucida un impulso vibratorio sempre costante a sè stesso, le molecole meno dense roteranno intorno al proprio asse con una velocità ed una intensità maggiore, e le molecole più dense faran lo stesso con una velocità ed intensità minore.

Siegue da ciò, che i corpi, le cui molecole sono più dense, debbono ritardare la velocità della luce e debbono diminuirne la intensità. Come al contrario, i corpi, che son composti di molecole meno dense, debbono darvi passaggio con velocità maggiore, e debbono molto meno alterarne la intensità. Il cammino della luce nell'aria fredda, perchè le molecole di essa aria sono men dilatate, riesce men rapido e men vigoroso di quello che vedesi nell'aria riscaldata. Infatti l'occhio soffre sotto il raggio solare in està, più che non soffra sotto lo stesso raggio in inverno; eppure il raggio del Sole in està è più lungo, perchè il Sole è più lontano, ed in inverno è più corto, perchè il Sole è più vicino. E benchè in està il cammino del raggio solare sia più retto, e nell'inverno più obliquo, pure per la maggior via che deve percorrere nel primo caso, e per la minor via che deve percorrere nel secondo, potrebbe sempre conservare la medesima intensità. Egli è dunque che l'aria raffreddata nell'inverno ritarda la velocità del raggio lucido e ne indebolisce il vigore, mentre al contrario l'aria, riscaldata e resa più rarefatta in està, ne rende più veloce il cammino, più energica assai la intensità, sino a quel segno che venga a soffrirne la retina. Già non occorre dire, che quello che soffre l'occhio non può esser prodotto fuorchè dal solo raggio lucido, e non mai dal raggio calorifico più cresciuto in està; perciocchè la temperatura dello interno dell'occhio non si accresce mai in proporzione dell'accrescimento del calorico nell'aria, altrimenti noi in està dovremmo perdere la vista senza rimedio.

Diminuita per causa della maggior densità del mezzo la intensità della vibrazione lucida, ne siegue per legittima con-

seguenza, ch'essa deve sempre più cangiare direzione, e questa è la cagione della *rifrazione*. Infatti gl'indici di rifrazione danno per quoziente la forza rifrangente di ciascuna molecola, allorchè il quadrato dei detti indici di rifrazione, a cui si è convenuto dare il nome di *potenza rifrattiva*, venga diviso per la densità della stessa sostanza. Le ricerche di Wollaston sulla ragione della rifrazione dei corpi opachi, quelle di Arago di Biot e di Dulong sulla forza rifrangente dei gas, e tutte le altre ricerche sopra i solidi e sopra i liquidi trasparenti, han provato incontrastabilmente, che la forza rifrangente nelle varie sostanze è diversa secondo la diversa densità. La qual cosa non potrebbe mai essere, se la vibrazione lucida si esercitasse sopra un'etere imponderabile, o pure se fosse un fluido imponderabile la luce stessa: ne ho detto più volte la ragione (§ 134), e non tornò a ridirla.

§ 158 *Esistenza di una luce rifratta acromatica.—Luce che nasce bianca, e si colora per successivo cammino.*

Insorsero un tempo grandi questioni tra Eulero, Clairaut, e D'Alembert per determinare, se fosse mai possibile la rifrazione della luce senza la manifestazione dei colori. Lo stesso Newton era stato indotto nell'errore di credere, che fosse impossibile una rifrazione completamente acromatica. Ma l'esperienza, ed ora i calcoli, hanno dimostrato il contrario; imperocchè si è arrivato a riunire cotali sostanze, o a fabbricare lenti di tal natura, che rendono una luce rifratta non colorata, e per via di ragionamenti si è giunto a conoscere, che ciò dipende dagl'indici rispettivi di rifrazione e dalla proporzione dell'angolo dei rispettivi prismi rifrangenti.

La colorazione e l'acromatismo son due fenomeni, che confermano la teoria dei colori da me esposta. La luce bianca corrisponde all'intero arco di vibrazione che esiegue la molecola; tutti i parziali segmenti di detto arco corrispondono grado per grado ai sette colori l'uno più composto dell'altro,

i quali uniti tutti insieme formano la luce bianca. Ora è chiaro, che quanto più intensa è la forza vibrante della sorgente, e quanto più facilmente si prestano le molecole a compiere la rotazione intorno al proprio asse, con tanta maggior velocità e con tanta maggior precisione le molecole compiranno l'intero arco della loro rispettiva vibrazione, e la luce sarà tanto più bianca. La luce bianchissima è prodotta da una sorgente la più intensa sì per energia, che per rapidità di moti vibratorii. E se vicine ad una tale sorgente si trovino molecole assai rarefatte nella densità, allora quella luce non perderà nulla della sua bianchezza.

Ma, come il raggio della vibrazione lucida va ad allontanarsi dalla sorgente, incomincia a perdere in proporzione la sua densità, e ne perde ancor più, se s'incontra in molecole assai dense, che si prestano più difficilmente alla vibrazione. Venendo meno la intensità, incomincia il deviamiento del raggio lucido, come testè io dissi (§ 157); nel tempo medesimo le molecole, mosse da una forza minore, non compiono più l'intero arco della vibrazione, che dovrebbero descrivere per presentare la luce bianca. Per conseguenza incomincia ad affacciarsi la colorazione, la quale siegue sempre l'ordine dello spettro in ragione del decrescimento dei segmenti di arco, che le molecole descrivono nel vibrare. Per tal ragione il deviamiento del raggio lucido, val quanto dire la rifrazione, è accompagnato per ordinario dalla colorazione.

§ 159 *Ragioni per le quali si ha luce rifratta acromatica.—*
Accanto ad essa esiste luce colorata,—ma meno intensa.

Però può accadere il caso, che le molecole sieguano a descrivere lo stesso intero arco di vibrazione, e la luce siegua a comparire bianca ed acromatica, benchè essa costretta sia a deviare e rifrangersi. Questo caso accade, quando si sa fare una combinazione di tali sostanze, le quali per le loro diverse forze rifrangenti facciano cadere sopra ognuna delle molecole,

oltre della intensità del raggio che a ciascuna spetta, tante altre intensità minori provenienti da altri particolari raggi rifratti secondo altre direzioni, che vengono però a riunirsi secondo uno stesso senso sopra ciascuna di dette molecole. Allora per lo appunto la rifrazione si unisce coll'acromatismo.

Ma anche in tal caso l'acromatismo non è mai generale per tutto il fascio di luce rifratta: esso avviene secondo determinate linee, mentre in altre linee la rifrazione succede contemporaneamente con la manifestazione dei colori. Ciò si osserva per esperienza sulle lenti acromatiche; ma la ragione ce ne persuade ancora. Imperciocchè è impossibile, che tutti i raggi rifratti coincidano in ciascuno dei punti della sostanza rifrangente, a segno che ogni punto riacquisti la totale intensità di vibrazione, che sarebbegli necessaria per mostrare la luce bianca ed acromatica. Perciò, mentre una serie di molecole conserva tutta la intensità della vibrazione, per la coincidenza che in essa avviene di molte intensità appartenenti a tanti raggi rifratti, altre serie, sulle quali tal coincidenza non può effettuarsi, eseguono vibrando quel segmento di arco che loro appartiene. E così, accanto della linea di luce rifratta acromatica compariscono altre linee di luce pure rifratta, ma colorata.

Intanto i colori, che stanno a fianco della luce rifratta acromatica, debbono essere deboli più assai di quello che sarebbero, se non vi fosse quella linea di luce acromatica, ma tutti fossero raggi colorati. Conciosiachè, effettuasi la rifrazione per causa della maggior densità del mezzo in cui la luce s'intromette, l'indebolimento della intensità deve sempre succedere (§ 157). Se dunque molte intensità di raggi rifratti venno per la loro particolare direzione a coincidere nel medesimo senso sopra una stessa linea, in guisa che restituiscano alle molecole di quella linea tutta la intensità propria della luce bianca, che ad esse non dovrebbe appartenere per causa della refrazione, allora necessario è che la intensità in tutte le altre molecole sia minore di quella che ad esse toccherebbe in caso

diverso.—È giusto istituire esperienze dirette per confermare col fatto, che i raggi colorati, i quali accompagnano la luce acromatica, sono effettivamente più deboli assai di quello che sarebbero, se una siffatta luce non accompagnassero, e fossero tutti colorati.

§ 160 *I raggi colorati sono diversamente rifrangibili. — Perchè il potere dispersivo non è sempre proporzionale alla intensità del colore?—Si propongono esperimenti.*

I sette colori dello spettro non debbono avere lo stesso grado di rifrangibilità: ciò si comprende a priori. Quanto più intensa è la forza vibrante, tanto più il cammino della luce seguita la perpendicolare, ed ogni molecola descrive un segmento di arco sempre più grande: ma ai segmenti di arco più grandi corrispondono colori più composti (§ 148): dunque i colori più composti debbono esser prodotti da una vibrazione più intensa e debbono meno discostarsi dalla perpendicolare. Viceversa, per la stessa ragione i colori men composti debbono esser prodotti da una vibrazione meno intensa, e debbono più allontanarsi dalla perpendicolare, val quanto dire, debbono essere più rifrangibili.

Ciò si conferma colla esperienza, perchè il violetto è quello che più si allontana dalla perpendicolare.

Se fosse vero, che i colori men composti fossero prodotti da una vibrazione meno intensa, dovrebbe seguirne che nello spettro la striscia corrispondente al raggio violetto dovrebbe essere la più piccola di tutte l'altre; dapoichè, per naturale che una forza meno intensa deve estendersi la meno di tutti ne' suoi effetti. Per questa ragione si dovrebbe vedere costantemente nel rosso il maggior potere *dispersivo*, e nel violetto il minore.—Ma l'esperienza dimostra il contrario, poichè alcune sostanze, come per esempio un prisma di flint, danno meno rosso e più violetto che non darebbero altre, per esempio un prisma di crown.

Veramente l'esperienza non contradice la teoria, ma solamente fa vedere che, oltre della naturale intensità appartenente alla vibrazione di ciascun colore, si deve pure calcolare la particolare natura del corpo rifrangente; imperciocchè alcune molecole per la loro particolare struttura possono essere più disposte ad eseguire un segmento di arco più breve, o pure un segmento di arco più lungo nelle loro vibrazioni: nè dipende dalla sola intensità della forza vibrante la quantità di arco che deve ogni molecola descrivere; ma dipende allo stesso tempo da due concause, dalla intensità di detta forza, e dalla struttura della molecola in cui la vibrazione si esegue. Per questa ragione si osserva che, sebbene la maggiore refrangibilità dei sette colori sia sempre in proporzione della minore intensità di forza, con cui ogni molecola descrive il segmento d'arco della sua vibrazione, pure la quantità di ciascun colore, o per meglio dire la *dispersion* che ognuno di essi riceve, sta in ragione composta della intensità della forza vibrante, e della speciale disposizione che ha ciascuna molecola a descrivere maggiori o minori segmenti di arco.

Per conseguenza io dico, che il potere dispersivo non deve essere costante e identico in ognuna delle materie sotto a qualunque intensità della forza lucida. Imperocchè, quando la intensità è veramente forte, vince la contraria speciale disposizione della molecola, e la fa vibrare in un segmento d'arco maggiore di quello in cui essa vibrerebbe; e viceversa. Ciò si può provare facilmente sottoponendo alla refrazione di varii prismi aventi diverso potere dispersivo alcuni raggi lucidi poco intensi, altri poi più intensi, e altri finalmente concentrati ed intensissimi. In queste esperienze si dovrebbe osservare, che il natural potere dispersivo di ciascun prisma dovrebbe a poco a poco esser vinto dalla intensità della forza lucida: in guisa che la dispersione di ognuno dei sette colori dovrebbe ognor più avvicinarsi alla proporzione d'intensità che ha ognun di loro, cioè maggiore nei colori più composti ai quali spetta un segmento di arco di vibrazione più grande, e minore nei colori men composti ai quali appartiene un'arco di vibrazione più piccolo.

§ 161 *Il fenomeno delle righe non si può attribuire a vibrazione di fluido etereo imponderabile.*

Fraunhofer fece la bella scoperta delle *righe* nei colori dello spettro, righe non dipendenti dal vario potere rifrangente dei mezzi, ma assolutamente proprie a ciascun colore di luce, anzi proprie al colore particolare che produce ciascuna sorgente. Per tal mezzo si è potuto arrivare a determinare i veri limiti di un colore all'altro, e perciò la quantità della dispersione, si è potuto arrivare a distinguere per caratteri tutti proprii la luce elettrica dalla luce della fiamma comune, la luce del Sole e di alcune pianeti dalla luce di Sirio, e la luce del Sole e di Sirio da quella di altre stelle. I sali di calce, essendo accesi, danno una fiamma color rosso di mattoni, ma le righe sono una gialla ed un'altra verde; i sali di strontiana danno una fiamma color cremisi, ma la gira è turchina brillantissima. Altre osservazioni sulla diversità delle righe sono state fatte da Prewster, Miller e Daniell sulla luce di fiamma comune, che traversa i vapori di gas nitroso, d'iodio, di cloro, di bromo.

Generalmente si conviene dai Fisici, che la riga più lucida corrisponda al punto in cui più vibrazioni, dirette nel medesimo senso, vanno a ricongiungersi. All'opposto, le righe oscure corrispondono al punto in cui vanno a congiungersi più vibrazioni dirette in senso contrario, talmentechè o si distruggono, o s'indeboliscono sommamente. Con ciò si è venuta a confermare la teoria delle ondulazioni esposta da Fresnel: il calcolo da costui dato sullo incontro delle ondulazioni, e sugli effetti che debbono seguirne circa all'oscurità ed alla lucidezza delle righe e dei colori intermedi, è corrisposto quasi interamente colle osservazioni di Fraunhofer.

Or siccome le varietà delle righe, il lor colore, la lor maggiore o minor lucidezza dipendono, come già è stato osservato, dalla particolare natura della vibrazione che rende la

sorgente lucida , o pure dalla particolare modificazione che danno alla vibrazione i vapori di gas nitroso, d'iodio, cloro e bromo, per li quali ella passa; perciò è impossibile che il fenomeno delle righe e tutte le sue particolarità nascano da un fluido imponderabile, o pure dalla vibrazione di un'etere di tal natura. Bisogna riferire alla sola azione delle molecole ponderabili tutto quello che da tali molecole ha origine, che secondo loro si modifica, che cangia legge e natura secondochè quelle molecole la cangiano.

§ 162 *Il fenomeno degli anelli colorati non si può attribuire a vibrazione di fluido etereo imponderabile.*

La spiegazione del fenomeno degli *anelli colorati* tanto nelle lamine sottili, quanto nelle grosse, servì a Young e poi a Poisson, a Fresnel e ad Arago per confermare e rassodare la teoria delle vibrazioni lucide, alla quale non si era appigliato Newton, primo osservatore di tali anelli, e perciò costui fu costretto mettere in campo la teoria *degli accessi di facile riflessione e di facile trasmissione*. Le attinenze che hanno i fenomeni della diffrazione con quelli degli anelli colorati, e la corrispondenza esatta del calcolo sul cammino e sul ritardo delle onde lucide, col vero andamento di ambidue questi fenomeni, non lasciano affatto dubbio sulla verità del sistema delle vibrazioni, che appunto per essi è stato adottato.

Ma, poichè i fenomeni degli anelli colorati, non meno che quelli della diffrazione, van di accordo costantemente colla speciale densità e giacitura dei corpi ponderabili, nei quali i detti fenomeni succedono; poichè per massima già stabilita (§ 134) tutti quei risultamenti di azioni, che nascono dai corpi ponderabili, ed obbediscono alle loro leggi, non possono mai appartenere a veruna sostanza imponderabile; e poichè finalmente il cammino e l'incontro delle onde lucide, tanto nei fenomeni della diffrazione, quanto negli anelli colorati, si possono bene intendere ammettendo le vibrazioni nelle stesse mo-

lecole ponderabili: per tutte queste ragioni unite insieme, il fenomeno degli anelli colorati dev'essere ridotto alla comune spiegazione con tutti gli altri.

§ 163 *La doppia refrazione e la polarizzazione, dipendendo totalmente dallo stato delle molecole ponderabili, non sono effetti della vibrazione di etere imponderabile.*

Dirò in ultimo poche cose sui fenomeni della doppia refrazione e su quelli della polarizzazione. Fresnel fu quello che ridusse alla esatta e naturale loro spiegazione i fenomeni della refrazione doppia già conosciuti da molto tempo e descritti da Huyghens con molta precisione, e quelli della polarizzazione scoperti dal Malus in questo secolo. Tutto egli ridusse al corso ordinario delle serie di vibrazioni, alla precedenza di una semionda, o di un quarto di onda, che può prendere una serie di vibrazioni sopra di un'altra, ed al cammino delle stesse vibrazioni da destra a sinistra o da sinistra a destra.

Il cammino del raggio *ordinario* ed il cammino del raggio *straordinario* tanto nei cristalli ad un'asse, quanto in quelli a due assi, è stato calcolato dal medesimo Fresnel, e tutto corrisponde alla densità del cristallo birifrangente. Un raggio cammina sempre proporzionalmente all'altro, e come uno si accomoda sempre colle leggi dell'indice di rifrazione che appartiene a ciascun cristallo, così l'altro, conservate le proporzioni, vi si accomoda parimente.

La luce poi si polarizza per riflessione totale o parziale, per rifrazione semplice o doppia, come ancora si può polarizzare e spolarizzare per successive riflessioni totali. La luce polarizzata presenta gli anelli colorati tanto nei cristalli ad un'asse, quanto nei cristalli a due assi. I raggi polarizzati esercitano tra loro una scambievole azione, riproducendo sotto alcune condizioni il fenomeno delle interferenze, sotto altre non riproducendolo, come bene osservarono Arago e Fresnel. Tutti questi fenomeni ed altri appartenenti alla polarizza-

zione, che per brevità tralascio, sono stati spiegati e calcolati in tutta la loro estensione mercè le teoriche delle vibrazioni, del loro cammino, del loro ritardo, del loro incontro e direzione. Or, siccome le origini della polarizzazione dipendono totalmente dalla riflessione o dalla rifrazione, totale o parziale, semplice o doppia, e siccome la riflessione e la rifrazione dipendono in tutto dalla struttura, dalla densità e dalla situazione delle molecole ponderabili, perciò è chiaro, che tutti i fenomeni della polarizzazione appartengono alle molecole ponderabili, e non mai a verun fluido o sostanza eterea imponderabile.

Infatti un raggio può polarizzarsi e spolarizzarsi per causa del rimbalzo totale, ch'egli soffre successivamente da un corpo riflettente ad un'altro. Così ancora Delèzenne e Babinet han dimostrato, che un raggio lucido può polarizzarsi sovrapponendo cristalli a cristalli in determinate maniere. Alcuni cristalli colorati dan passaggio in maggiore o minor copia, secondo la loro situazione, alla luce polarizzata; due piastre di turmalina sovrapposte lasciano libera la visione, o l'intercettano compiutamente, secondochè si dispongono paralleli o perpendicolari gli assi ottici tra di loro; il vetro scaldato, piegato, compresso, temperato agisce in varie guise sulla polarizzazione della luce. Nella stessa maniera un sistema di più cristalli si può rendere birifrangente comprimendolo, e si può ritornarlo alla rifrazione semplice sottraendolo dalla pressione.—Tutti questi fatti dimostrano evidentemente che i fenomeni della doppia rifrazione e della polarizzazione dipendono dalle molecole ponderabili, e ad esse sono appartenenti.

Tutti gli altri fenomeni che sono stati scoperti, o che si scoviranno in avvenire riguardo alla luce, purchè abbiano dei rapporti colla sostanza ponderabile, debbono essere ridotti alle leggi generali della vibrazione delle stesse ponderabili molecole.

CAPO III.

DELLA COLORAZIONE DELLA LUCE SUI CORPI OPACHI,
E DELLA ESTINZIONE DELLA LUCE§ 164 *Della diafanità e sue principali proprietà.*

Ora il cammino della luce pertanto è possibile, perchè nel mondo esistono corpi *diafani*, corpi cioè che danno passaggio sulle loro molecole alla vibrazione lucida. Esistono però altri corpi che le interdicono il passaggio, e quelli sono i corpi *opachi*.

La *diafanità* appartiene a quelle molecole, le quali son capaci di sostenere il movimento vibratorio, cioè la ruotazione totale o parziale intorno al proprio asse. Questa proprietà appartiene alla sostanza che riempie il vuoto torricelliano ed il vuoto degli spazii celesti; appartiene all'aria, agli altri gas, ai vapori; appartiene ai liquidi, eccetto quelli che son completamente neri; appartiene a tutti i solidi trasparenti, come sono le varie specie di cristalli, il vetro, il quarzo, il carbonato calcareo, il cristallo di rocca, la tormalina ec., appartiene ancora alle lamine sottili degli stessi corpi opachi, imperocchè le lamine dell'oro ridotte ad una sottigliezza massima fan trasparire la luce, e giungono a colorarla.

Quest' ultimo fatto proverebbe, che le molecole dei corpi opachi, ognuna per sè, considerando le lamine sottilissime una per una, sono atte a sostenere il movimento di rotazione intorno al proprio asse, dal che nascono le vibrazioni. Per conseguenza, la opacità non dovrebbe dipendere da inettitudine che aveassero le molecole a ricevere il movimento vibratorio, piuttosto da altra cagione, la quale gioverebbe indagare.

§ 163 *Dei raggi riflessi sui corpi opachi con colorazione, e senza.—Come i corpi opachi concorrano a colorare la luce.*

Dissi innanzi (§ 154), che un raggio lucido, nel passare da un mezzo più denso ad un mezzo meno denso, soffre sempre una rifrazione parziale sulla prima superficie: la maggior resistenza, che oppongono le molecole più dense a non ricevere il moto vibratorio che vien loro comunicato, è la cagione per cui succede cotal riflessione parziale sulla superficie degli stessi corpi diafani.

Con maggior ragione la riflessione deve succedere sulla superficie dei corpi opachi, nei quali è maggiore la resistenza a non ricevere le vibrazioni. Qualora i corpi opachi sono molto densi, come i metalli, e sono nello stesso tempo perfettamente lisci e levigati, allora la riflessione è totale o quasi. Ma, allorchè non sono fortemente densi, e non sono perfettamente lisci, allora la luce bianca vien colorata: alcuni colori vengono rimbalzati, altri s'internano nello stesso corpo opaco, vengono assorbiti e in esso si perdono. La colorazione della luce sui corpi opachi, e la riflessione di alcuni parziali raggi colorati, sono gli effetti delle modificazioni che soffrono le molecole vibranti sulla superficie del corpo opaco. Dapoichè, quando tutte le molecole di quello resistessero alla vibrazione ricevuta, essa sarebbe astretta a rimbalzare tutta quanta, senza perdere nessun punto d'intensità: questo è il caso degli specchi. Ma, allorchè la superficie è ineguale, prominente per alcune molecole ed avvallata per altre, le molecole vibranti che in essa battono, perdono in alcune porzioni la loro intensità; perchè una parte della loro vibrazione devesi approfondire tra quegli avvallamenti, ed una parte deve più presto essere rimbalzata sulle prominenze. È cosa nota anche in meccanica, che le superficie ineguali fan perdere la forza agli agenti, che vanno su di esse a rimbalzare.

È naturale eziandio comprendere, che la perdita della in-

tenosità nella vibrazione riflessa sui corpi opachi deve essere proporzionale alla maggiore o minor compattezza, ed alla particolare disposizione naturale, che hanno le molecole poste sulla superficie del corpo opaco, o sui piani immediatamente sottostanti. Qualora la compattezza è molta, e le molecole per loro particolare struttura sono poco idonee ad accogliere la Vibrazione proveniente dal di fuori, allora la riflettono tutta quanta, o quasi tutta. Come però vien decrescendo la compattezza della superficie, o come vien crescendo l'attitudine delle molecole ad appropriarsi la vibrazione ricevuta, così la virtù del raggio vibrante vien diminuendo d'intensità nella sua riflessione; poichè, una porzione dell'intensità vien rimandata, un'altra, per dirla col linguaggio comune, viene assorbita. Quanto poi se ne assorbe, tanto meno se ne riflette, e viceversa. Ma, quando diminuisce la intensità di una vibrazione, la molecola descrive un segmento di arco in proporzione più breve, ed allora si affaccia il colore a quel segmento di arco corrispondente (§ 148); dunque i colori, che noi osserviamo sui corpi, dipendono dalla maggiore o minor compattezza delle loro superficie, dalla maggiore o minor disposizione delle molecole ad assorbire o a rimandare la vibrazione lucida ricevuta.

§ 166 *Della intensità e vivacità dei colori, che danno i corpi opachi alla luce su di essi riflessa — Della precisione di tali colori — Del mutamento che i detti corpi producono nei raggi di luce colorata.*

Negli stessi sette colori vi ha una gradazione d'intensità: alcuni corpi rimandano per cagion di esempio un rosso vivo ed intenso, mentre altri rimandano un rosso più debole: così ancora circa agli altri colori. Bisogna perciò distinguere intensità dell'arco totale di vibrazione, ed intensità dei segmenti di arco. L'arco intero di vibrazione corrisponde alla luce bianca, ma esso può essere diviso in sette parti, corrispondenti ai sette

colori di cui quella luce è composta. Ogni colore ad occhio nudo non presenta limiti precisi: le righe scoperte da Frauenhofer son quelle solamente che fan segnare con precisione i limiti della dispersione di ciascun colore (§ 161). Ora l'arco intero della vibrazione può esser descritto con una intensità e con una velocità maggiore o minore: perciò la luce bianca può essere più intensa o meno intensa. Del pari i sette segmenti dell'arco intero di vibrazione, a cui corrispondono i sette colori dello spettro, possono essere descritti con una maggiore o con una minore intensità e velocità; perlochè ognuno di essi colori può essere più o meno vivo ed intenso. Però, quanto un colore è meno vivo, tanto è men preciso; perlochè allora il segmento di arco corrispondente comincia ad avvicinarsi a quello del colore contiguo. Come altresì un colore soverchiamente vivo incomincia ad accostarsi ad un'altro colore più composto.

Se si faccia istantaneamente accrescere la forza di vibrazione che tramanda una sorgente lucida, essa tosto si colora di una luce più viva; e se la forza è molto intensa, la luce comparisce bianca. Un solfanello arde con luce azzurrognola; ma, se s'immerge dentro l'ossigeno, la sua fiamma aceresce tutto insieme la vivacità, diviene bianca e limpida.

Gli stessi principii si possono adattare alla maggiore o minor vivacità che mostrano i colori dei corpi opachi: come questi rifrangono più o meno la intensità della vibrazione lucida proveniente dal di fuori, così il colore da esso diffuso prende una maggiore o minore vivacità, diventa più chiaro e più preciso, oppure più indistinto, e confuso coi colori che immediatamente gli son vicini.

I corpi opachi che hanno una superficie eguale in tutti i punti, comechè più o men compatta, e che hanno molecole più omogenee, rendono un colore più puro e più preciso, perchè la vibrazione lucida soffre in tutti i punti una eguale diminuzione d'intensità corrispondente ad un solo determinato colore; e quel colore vien da tutti i punti egualmente diffuso.

I corpi però, le cui superficie sono più ineguali, e composte di molecole più eterogenee, presentano colori misti, colori dipendenti da tanti diversi segmenti di arco, che le molecole vibranti son'obbligate descrivere per causa della ineguaglianza e diversità delle molecole poste sulla superficie del corpo opaco.

Da quanto si è detto è facile capire la ragione, per la quale, facendo cadere sopra alcuni corpi opachi certi raggi, non di luce bianca, ma di luce colorata, quei corpi non presentano più il naturale colore che solevano presentare sotto l'azione della luce bianca: essi però presentano un colore sempre men composto di quello che ha il raggio da cui son colpiti. Un panno verde p. e. se, invece d'essere illuminato dalla luce bianca del Sole, venga illuminato da un raggio rosso, non presenta più il color verde, ma il turchino o l'indaco, secondochè il raggio rosso è più o men vivo. Un raggio violetto, che cada sopra qualunque corpo colorato, eccetto il bianco, lo rende sempre oscuro. Imperocchè il raggio vibrante, qualunque sia il suo colore, dovendo sempre essere attenuato dalla superficie del corpo opaco su cui cade, nell'essere poi diffuso, va a descrivere un segmento di arco minor di quello che esso descriveva, prima di esser caduto sopra quel corpo.

§ 167 *Delle varie cause per le quali si estingue la luce.*

Finalmente siccome la vibrazione lucida nasce da una sorgente, e cammina per entro i corpi diafani, così essa va ad estinguersi. — La estinzione della luce può avvenire per tante cause, cioè per tutte quelle che fan cessare nelle molecole qualunque movimento vibratorio.

Prima di tutto la luce cessa, quando vien meno la sorgente. Finito il chimismo, o l'attrito, o la forza dell'elettricità, che dava origine alla vibrazione totale o parziale delle molecole, la luce finisce parimenti.

Si estingue ancora la luce per successivo decrescimento di intensità. Conciosiachè, siccome ho detto più volte (§ 148),

mancando l'intensità della forza vibrante, i segmenti d'arco diventano sempre minori, e perciò la luce incomincia a colorarsi; ma arrivata al violetto, essa è tanto debole, che non può a gran tratto continuare la sua strada: va a poco a poco a languire, finchè si estingue. Il lume p. e. di una candela non può esser veduto che sino ad una determinata distanza; ma a certo punto cessa di essere visibile; e perciò la sua azione non si esercita fin là. — Per conseguenza, non si può stabilire come regola generale, che ogni sorta di luce percorra 79572 leghe di 2000 tese in 1'. Tutto dipende dalla intensità della sorgente. Molto più poi, quando la luce originariamente non è bianca ma colorata, e quando è colorata dei raggi ultimi dello spettro, come p. e. dell'indaco o del violetto: allora il suo cammino è assai più breve. Questa considerazione è particolarmente necessaria agli Astronomi per misurare la intensità di forza che hanno le sorgenti lucide del Sole, dei pianeti, degli altri astri.

Si estingue benanche la luce per incontro di due vibrazioni contrariamente dirette, siccome avviene nel fenomeno delle interferenze (§ 156).

In parte si estingue ancora dentro i corpi opachi. Già ho detto (§ 165), che la luce da essi diffusa, quando non sono perfettamente lisci come gli specchi, soffre sempre una colorazione; perciò una parte d'intensità della vibrazione lucida viene dai detti corpi assorbita. Essa però non trapassa in altri punti, ma muore in quei corpi medesimi.

§ 168 *Ragioni della diafanità e della opacità.*

La differenza tra i corpi diafani e gli opachi non è quella, che le molecole dei primi sieno adatte a vibrare, e le molecole dei secondi non sieno adatte; dappoichè (§ 164) gli stessi corpi opachi, ridotti in lamine sottilissime, diventano pure diafani. Dunque la ragione della differenza è tutt'altra. Affinchè un corpo sia diafano, bisogna che il raggio della vibra-

242 LIBRO II, SEZIONE II, CAPO III.

zione possa penetrarlo in una direzione retta, sia perpendicolare, sia obliqua. Perciò le molecole del corpo diafano debbono essere tra loro collocate in siffatti fili, che la vibrazione lucida possa secondo quei fili trasmettersi e camminare. Ma, allorchè gli strati, che sottostanno alla superficie di un corpo, composti sono di molecole situate in posizioni e giaciture ben diverse da quelle in cui sono le molecole della superficie; ed allorchè tutti i medesimi strati son differenti tra loro stessi; allora la vibrazione, che vien comunicata alla superficie, appena s'interna negli strati sottoposti, è obbligata cangiar direzione velocità ed intensità tante volte, quanto differenti sono le posizioni ed i rapporti delle molecole: perciò essa a poco tratto si trova estinta.

Con tutto ciò, la direzione della luce opera sugli stessi corpi opachi; e serve a diriggerli nelle loro cristallizzazioni. Questo fa vedere che, sebbene essa non possa trasmettersi lungo le loro molecole per la irregolarità della loro posizione, o per la irregolarità con cui sono situati i cristalli tra loro, pure essa non tralascia dal farvi penetrare gli effetti della sua vibrazione.

Per questa ragione si è che i corpi, i quali cristallizzano più regolarmente, son quasi tutti diafani. E se si vuole che uno di tali corpi divenga opaco, basta tagliarlo secondo direzioni diverse da quella del cristallo, oppure basta fare una leggiera raschiatura sopra tutte le sue facce: allora esso perde la proprietà di trasmettere la luce, e la diffonde come i corpi opachi. Ciò si può osservare nei cristalli del solfato di calce, nel carbonato calcareo ed in qualunque altro cristallo consimile.

§ 169 *Estinzione della luce sui corpi neri — Maggior diafanità che si mostra nei corpi neri, quando son ridotti in lamine sottili — Cause per cui si mutano i colori dei corpi. — Conclusione della Sezione.*

La luce pure viene assorbita e si estingue sui corpi opachi e neri. La nerezza essendo in senso perfettamente contrario colla bianchezza; anzi risultando dagli esperimenti di Newton sugli anelli colorati, che il punto centrale bianco di essi anelli veniva ad essere corrisposto da un'egual punto nero dalla parte posteriore, si può stabilire come indubitabile, che i corpi neri son quelli, nei quali la vibrazione lucida perde tutta la sua intensità, e per questo si estingue. Le molecole di un corpo nero da una parte debbono esser tali, che possano prendersi e riceversi tutta la vibrazione proveniente dal di fuori, in guisa che non ne diffondano in nessuna parte: a differenza di tutti gli altri corpi, i quali più o meno ne diffondono sempre una porzione. Dall'altra parte, le molecole del corpo nero debbono essere talmente disposte, che di tutta la vibrazione ricevuta non debbono farne trapassare al di fuori nè punto nè poco. Ora, perchè succeda questa seconda cosa, fa d'uopo, che la vibrazione entrata nelle molecole del corpo nero s'intrighi e s'intrecci in tante direzioni contrarie da non poter trapassare da banda a banda (§ 168). Perciò una lamina sottilissima non può esser nera; come infatti qualunque corpo nero, ridotto in lamine assai tenui, diventa per lo più diafano.

Perciò ancora due corpi, uno bianco, val quanto dire disposto a rimandare la vibrazione lucida in tutta la sua intensità, e l'altro nero, cioè disposto a pigliarsi ed estinguere tutta la vibrazione lucida proveniente dal di fuori, quando son ridotti in lamine sottili, non diventano egualmente diafani; le lamine del corpo nero sono più diafane delle lamine dell'altro: la ragione di ciò, per quanto ho detto, è chiara.

Dipende anche da ciò, che i corpi neri, non meno che i bianchi, perdono più presto la schiettezza della loro tinta; poichè le due proprietà contrarie, di rimbalzare la intera vibrazione, e di assorbirla tutta, essendo due proprietà estreme, non possono conservarsi a lungo nella loro purità; ma a poco a poco van partecipando dello stato medio, e prendono l'attitudine che hanno le superficie di tutti i corpi, a diffondere una porzione della vibrazione ricevuta e ad assorbirne un'altra: perlocchè il bianco ed il nero vengono a poco a poco colorandosi.

Anche sugli altri colori avvien lo stesso; poichè la loro vivezza diminuisce col tempo, e talvolta si trasformano in colori del tutto diversi. La ragione di ciò è sita nelle variazioni di struttura e di posizione rispettiva, che prendono le molecole sulle superficie dei corpi. Infatti i cangiamenti totali di colore si effettuano sopra quelle superficie, in cui succedono decomposizioni e nuove ricomposizioni chimiche, come sono particolarmente tutti i sali dell'argento, il cloruro, l'ioduro, il bromuro, il cianuro ec.

Stabilisco dunque per principio generale, che i varii modi di cammino pertinenti alla luce acromatica ed alla luce colorata, alla luce polarizzata ed alla non polarizzata, possono benissimo intendersi col sistema delle vibrazioni delle stesse molecole ponderabili; e l'ammissione dell'etere imponderabile, non solamente non è necessaria, ma benanche è ripugnante alla verità dei fatti.

SEZIONE III.

DIFFERENZE TRA LA LUCE ED IL CALORICO.

Dopo aver parlato delle varie origini e del cammino della luce, mi trovò riuniti tutti gli elementi necessari per poter stabilire le differenze tra la detta luce ed il calorico.

CAPO I.

DISSOMIGLIANZE TRA LUCE E CALORICO.

§ 170 *Pareri dei Fisici sulla identità della luce e del calorico.*

Essendosi osservato ab antiquo, che le sorgenti della luce sogliono allo stesso tempo generar calorico, si era incominciata a sospettare la identità dell'una coll'altro. Ma i sospetti erano deboli, perchè si vede tante volte una sorgente emettere solo calorico senza veruna luce.

Intanto Berthollét prese a confrontare, non tanto le sorgenti, quanto gli effetti del calorico e della luce. Ed osservava, che l'uno e l'altra operano i medesimi effetti principalmente sui sali di argento, sugli acidi idroclorico e nitrico. Rifletteva però, che la identità degli effetti si ottiene, quando l'azion del calorico non è molto forte; avvegnachè essendò forte, gli effetti incominciano a trasformarsi, e giungono al punto di essere totalmente diversi. Così, diceva il medesimo Berthollét, se metterete dentro un vase di acqua alcune foglie verdi di una pianta, ed esporrete il vase all'azione di un forte calorico, potrete raccoglierne un gas che non è idoneo alla combustione; ma se esporrete lo stesso vase all'azione della luce, raccorrete un altro gas di natura opposta, cioè idoneo alla combustione: un gas consimile a quest'ultimo si raccoglierebbe dallo stesso vase, qualora si esponesse all'azione di un calorico assai debole. — Con ciò intendeva provare Berthollét, che la sostanza della luce e quella del calorico fossero un'identica cosa, e che differissero solamente nei gradi d'intensità.

Nulladimeno la opinione di Berthollét non trovava partigiani, perchè restavano ancora molte differenze ad eguagliarsi

tra il calorico e la luce. Perciò rimaneva sempre in vigore il parere della esistenza di una *luce fredda*. Melloni ha creduto torre di mezzo ogni difficoltà, poichè ha scoperto la completa identità del cammino dei raggi lucidi e dei raggi calorifici: gli uni e gli altri, egli ha detto, si riflettono, si rifrangono, si colorano, si diffondono, si polarizzano: perchè dunque non si deve concludere che sieno una medesima cosa? Aggiungansi le antecedenti riflessioni sulla identità di origine del calorico e della luce, non che sulla identità di molti effetti dell'uno e dell'altra. Finalmente lo stesso Melloni, per levare ogni scampo ai sostenitori della *luce fredda*, è arrivato a raccogliere in tal modo i raggi luminosi della Luna, che il suo termometro moltiplicatore ha segnato 4°, 8.

Or, se si ammettesse la identità completa del calorico e della luce nel presente stato della scienza, siccome è adottato quasi generalmente da tutti i Fisici il sistema delle vibrazioni, bisognerebbe dire, che il calorico non fosse una sostanza fluida imponderabile, ma una vibrazione sopra l'etere imponderabile. Però Rumford diceva, che il calorico consistesse nella vibrazione delle molecole ponderabili (§ 127).

Io prendo la quistione in questo stato, ed applico ad essa le teorie che ho esposte nel Primo ed in questo Secondo Libro.

§ 171 *Il calorico e la luce aver debbono dei punti identici e dei punti diversi — Il calorico nella sua propagazione non va soggetto alle leggi d'irradiazione, cui va sempre soggetta la luce.*

Se è vero, che il calorico consista nella sola dilatazione della densità molecolare; e se è vero parimenti, che la luce consista nel movimento vibratorio di ciascuna molecola, è impossibile che l'uno e l'altra siano una medesima cosa: nello stesso tempo è necessario che l'uno e l'altra abbiano moltissimi punti comuni, che vadano di accordo in molte loro particolarità.

Il calorico non può affatto essere un fluido imponderabile, perchè le sue origini, la capacità che i corpi hanno per esso, la sua propagazione e trasmissione, i suoi effetti dimostrano ch'esso non è una sostanza per sè esistente. Resterebbe a dire, che il calorico consistesse o nella vibrazione dell'etere imponderabile, come dicesi della luce, e come pare voler dire il Melloni; oppure nella vibrazione delle medesime molecole ponderabili, siccome ha detto Rumford. Ma, nè l'uno nè l'altro. Il calorico non è un movimento vibratorio per essenza sua, benchè sia possibile che venga accompagnato dalle vibrazioni sin dalla sua origine, o che sia autore e cagione di vibrazione.

Questo si dimostra tenendo l'occhio alla propagazione, e non alla irradiazione di esso calorico; poichè, sebbene sia vero, che la luce ed il calorico sieno entrambi capaci d'irradiarsi, pure la luce non è capace di propagarsi, come si propaga il calorico. Ammesso che il calorico consistesse nella vibrazione o della molecole ponderabili, o dell'etere imponderabile, dovrebbe, non solamente nelle sue irradiazioni, ma benanche nelle sue propagazioni, assoggettarsi a tutte le leggi che si osservano nella luce, alla riflessione, alla diffrazione, alla rifrazione semplice e doppia, alla polarizzazione, alla colorazione: perocchè tutti questi fenomeni, che la luce di tratto in tratto presenta nel suo cammino, dipendono tutti dalla speciale natura della stessa luce, la quale non è altro fuorchè la vibrazione di ciascuna molecola. La teoria delle vibrazioni ha reso infatti calcolata ragione ed esatto conto di questi fenomeni e di tutte le loro particolarità. Lo stesso dunque si dovrebbe costantemente vedere nel calorico, qualora egli non fosse altro che una vibrazione. — Or, perchè mai il calorico irradiato si assoggetta a tutte queste leggi, ed il calorico propagato ne va esente? Potrebbe mai non obbedire a siffatto leggi, qualora fossero nascenti dall'intima sua natura, dalla sua stessa essenza?

§ 172 *La irradiazione del calorico presenta differenze dalla irradiazione della luce.*

Inoltre bisogna riflettere, che il così detto irraggiamento del calorico, che io benanche ho chiamato *trasmissione*, non è del tutto simile alla irradiazione della luce. Entrambi, è vero, sono simili circa alle leggi del loro cammino; ed appunto per questa similitudine i Fisici trasportarono il nome d'irradiazione dai fenomeni della luce a quelli del calorico. Ma tra ambedue vi ha una differenza notabilissima: il raggio lucido, passando per lo corpo diafano, lo illumina, mentrechè il raggio calorifico, trapassando il corpo perfettamente diatermico, non lo riscalda. E questo significa, che il cammino della luce va da molecola a molecola, producendo in ognuna individualmente una successiva rapidissima vibrazione. Perciò la irradiazione della luce, per decorrere colle idee da me fermate nel § 28, è una vera *propagazione*, benchè celerissima ed istantanea. Ma la irradiazione del calorico è una vera *trasmissione*, perchè il mezzo diatermico non si dispone in nessuna guisa alla forma calorifica: tutta la massa del mezzo diatermico, conservando il proprio stato inalterabilmente, trasmette da un capo all'altro lo effetto totale della influenza calorifica che riceve dalla sorgente.

Dunque, se la irradiazione calorifica è così diversa dalla irradiazione lucida, perchè obbedisce alle stesse leggi di riflessione, rifrazione, polarizzazione, ec.? Ne parlerò più sotto.

Tutti i fenomeni di propagazione appartenenti al calorico dimostrano, che le molecole nel ricevere lo stato calorifico dilatano la loro intrinseca densità. Ora il dilatamento è ben altra cosa che la vibrazione. — Con tutto ciò, può accadere il caso che la dilatazione della intrinseca densità, propagandosi da molecola a molecola, le ponga in mutua vibrazione. Siffatta vibrazione non è identica colla luce, ma può esser cagione di luce. Ne parlerò anche più sotto.

§ 173 *Diversità della luce e del calorico nella loro origine e nei loro effetti — Idee del Melloni sui raggi lucidi senza calore — Ma gli opponghiamo la esistenza dei raggi calorici senza luce.*

Non solamente in quanto alla propagazione, ed in quanto alla natura dello irraggiamento, ma benanche in quanto alle origini ed agli effetti, la luce ed il calorico presentano diversità.

È vero, che avanzatosi il calorico ad un'alto grado, si affaccia pur sempre la luce; ma se ambidue fossero una sola ed identica cosa, non dovrebbe mai esistere calorico scompagnato da luce. Il Melloni si è sforzato giustamente a provare, che non vi ha luce fredda: pertanto, egli dice, è possibile che si senta la impressione della luce, senza che si avverta il calorico, perchè la differenza di sensibilità degli organi della vista a quelli del tatto è immensa; basta dire, che l'occhio, il quale sente la impressione della luce del Sole, avverte benanche la impressione di una luce 300000 volte minore, non di quella del Sole che pur sarebbe qualche cosa, ma di quella della Luna. Al contrario, il tatto non giunge a sentire che le impressioni più grossolane: perciò non è meraviglia che la vista, così squisitamente sensibile, senta l'azione della luce, ed il tatto non senta quella del calorico che si contiene nel medesimo raggio lucido.

Ora, argomentando sottosopra, allorchè il tatto avverte il calorico, e la vista, che pure è tanto squisitamente sensibile, non avverte luce, bisogna a forza conchiudere, che quella sorta di raggi calorifici non contengano affatto verun principio lucido. Perciò potendo il calorico a solo avere origine da alcune sorgenti, senza che vi si congiunga il fenomeno della luce, bisogna dire che l'uno o l'altro non sono una preta e identica cosa. Il calorico senza luce si ottiene dall'attrito di un corpo contro un altro (§ 47), purchè l'attrito non sia por-

tato al grado estremo, poichè allora si manifesta la luce, ed anche la fiamma; si ottiene dalla combustione oscura (§ 54, 145), imperocchè, se l'operato chimico della combustione si eleva ad una energia e rapidità grande, e se si effettua lo incontro delle due correnti contrarie, allora si sviluppano le vibrazioni lucide, ed ha luogo benanche la fiamma.

§ 174 *Gli effetti del calorico sono moltissimi ed assai vigorosi — Quelli della luce sono minori di numero e di vigore.*

Finalmente non si può negare, che ancor la luce, come avvertiva Berthollét, produce effetti consimili a quelli che son prodotti dal calorico: ma quanto è picciolo e limitato il loro numero! Il calorico è uno stato dei corpi che tende a dissolvere per natura propria, perocchè consiste nella dilatazione della densità molecolare; e nello stesso tempo, per causa del necessario antagonismo, esso è cagione del maggior numero delle ricomposizioni chimiche. Sono infatti assai rari i casi di chimismo in cui non vi sia manifestazione di calorico, perocchè è difficile assai, che tra le molecole che si disciolgono, e quelle che si ricompongono, vi sia un'esatto compenso ed un'equilibrio totale di dilatazioni e di restringimenti (§ 60).

Anche sotto l'azione della luce si effettuano certe operazioni chimiche, come dirò nella seguente Sezione: ma quali? quelle propriamente a cui, per potersi effettuare, basta la semplice scossa molecolare proveniente dalla vibrazione lucida. I sali di argento, l'acido idroclorico, nitrico, idrocianico e fulminico, le dissoluzioni di oro, ed altre poche sostanze di tal natura, risentono gli effetti della vibrazione lucida, perchè sono per sè dispostissime a subire il cangiamento chimico, o a subire il cangiamento di colore.

Ma può mai la sola vibrazione lucida sciogliere quelle molecole, i cui componenti si sono originariamente riuniti in virtù di mutua vigorosa affinità? Può mai la luce dilatare il volume dei corpi, come ordinariamente lo dilata il calorico? Può

mai la luce sviluppare la ebollizione e la evaporazione in tanti corpi, in quanti lo sviluppa il calorico? Tutto al più, se la luce può fare sviluppare qualche gas da una sostanza liquida, (come p. e. dall'acido idroclorico ossigenato, da cui fa sviluppare l'ossigeno) bisogna dire che il gas, il quale si sviluppa per la sola azione della luce, deve avere poco o nessuna affinità col liquido, e deve da sè esser disposto alla volatilizzazione.

§ 175 *Obbiezioni circa la diversità degli effetti della luce e del calorico. — Si risolvono.*

Si suol rispondere, che essendo l'azion del calorico vigorosissima, e quella della luce in confronto assai debole, il primo produce effetti fisici e chimici molto spiccati e grandiosi, la seconda produce effetti più piccioli e più oscuri, come potrebbe produrli il più tenue grado di calorico, il quale veramente è quello che ha identità totale col raggio della luce.

Ma leviamo di mezzo ogni linguaggio ambiguo, ed intendiamoci una volta. Una delle due cose si deve ammettere: o il raggio lucido è esattamente identico col raggio più debole di calorico, ed allora non dovrebbe esistere il più picciolo raggio calorifico senza essere accompagnato dallo stato di luce: cosa totalmente contraria alla esperienza, la quale presenta ad ogni tratto gradi debolissimi di calorico oscuro; ed infatti la luce allora si manifesta, quando le sorgenti di calorico, che noi conosciamo, giungono alla più alta loro energia. Oppure al contrario bisogna dire, che il raggio lucido sia perfettamente identico col più vigoroso raggio calorifico, sulla base testè cenata che il più alto grado di calorico e la luce vanno sempre uniti: ma allora gli effetti della luce dovrebbero essere identici a quelli del più forte raggio di calorico, cioè, dovrebbe la luce operare le più forti decomposizioni chimiche, dovrebbe dilatare il volume dei corpi, dovrebbe liquefare i metalli, dovrebbe convertire i liquidi in vapori ed in gas: cose tutte, che alla luce per esperienza non appartengono.

252 LIBRO II, SEZIONE III, CAPO I.

Nè vale il soggiungere che, nata la luce nel raggio di calorico fortissimo, col progredire però in lunga via, la forza calorifica del raggio viene meno, e perciò non può più operare tutti quegli effetti che avrebbe potuto produrre in vicinanza della sorgente; mentre però l'azione del raggio si conserva sensibile alla retina, e perciò apparisce lucido. — Non vale, dico, soggiunger questo, perchè l'argomento antecedente ritorna sempre. Se il raggio del calorico sino a certo punto d'intensità si mantiene non lucido; se esso acquista la virtù di far sensazione sull'organo della vista nella forma di luce, quando già è arrivato ad un grado assai forte d'intensità, non vi ha ombra di raziocinio a dire, che il raggio calorifico, perduta che avrà la sua intensità per essersi molto allontanato dalla sorgente, debba purtuttavia conservar la proprietà di farsi sentire nell'occhio sotto la forma lucida. E si aggiunga, che il calorico oscuro può arrivare a gradi ben'alti: così nell'acqua bollente perviene a 100° C. senza che si manifesti la luce; nel ferro, nel rame, nel platino, in molti altri metalli passa avanti assai, senza che si affacci la luce. Come è possibile che il raggio calorifico, ridottosi di assai sotto 0° per causa della lunga via ch'egli fa dalle stelle sino a noi, abbia pure la proprietà di esser sensibile all'occhio? È vero che l'occhio è assai più sensibile del tatto: chi lo nega? ma quando il calorico è arrivato a 100° , che giunge, non solamente a farsi sentire dal tatto, ma benanche a scottare, come è possibile che non faccia sentire sulla retina la sua azione?

Bisogna piuttosto cangiar linguaggio, dicendo che *la sorgente stessa del calorico, quando è arrivata al più alto grado di energia, genera la vibrazione lucida: e questa, una volta nata, essendo per sé distinta dal raggio calorifico, si avvanza e si conserva a più grande estensione, che non può conservarsi il calorico.*

CAPO II.

SOMIGLIANZE TRA CALORICO E LUCE.

§ 176 *Come il calorico possa esser cagione di vibrazione differente dalla vibrazione lucida — E come possa dar nascita alla vera vibrazione lucida — La propagazione del calorico ha ragioni di essere ben diversa dalla propagazione della luce.*

Rilevate e messe in chiaro le dissomiglianze del calorico e della luce, tocca ora a mostrarne tutte le somiglianze ed a spiegarne le principali ragioni.

Dissi nel § 120, che l'azione del calorico sui fluidi, e particolarmente sui liquidi, produce tra tutte le loro molecole una specie di urto, che vien chiamato *repulsione calorifica*; imperciocchè ognuna di esse non essendo atabilmente congiunta colle altre, quando vien costretta a ricevere dalle molecole che la toccano la dilatazione calorifica di cui son'esse investite, tosto se ne allontana per cagione della naturale resistenza che ha ogni molecola a non mutare il proprio interno stato. — Intanto si forma una corrente di repulsioni, la quale dopo certa corsa, per la nuova reazione che trova al di fuori, si cangia in una corrente contraria, e strascina la stessa molecola vicino a quelle che debbono comunicarle il dilatamento. Questa repulsione e questo consecutivo ritorno mettono le molecole in uno stato di vibrazione; ma non mai in una vibrazione lucida, perocchè l'urto ed il ritorno non sono sommaramente energici, non sono sommaramente rapidi, nè si effettuano in una tal guisa che molecola con molecola vengano ad un reciproco attrito, e si pongano a vicenda in vibrazioni contrarie: condizioni tutte essenziali allo sviluppo della luce (§ 138 e seg.). Fin qui il calorico non è cagione di luce.

Ma, allorquando l'attrito o il chimismo operano con energia somma e con rapidità grandissima, succeder ne deve il doppio effetto contemporaneo, cioè: le molecole debbonsi dilatare in densità, perocchè l'attrito forte ed il chimismo efficace sono cagioni di calorico, come a lungo si è sviluppato nel Libro Primo; nello stesso tempo le molecole debbono vibrare, poichè le medesime due cagioni, cioè l'attrito forte ed il chimismo vigoroso e rapido, producono lo stato di vibrazione lucida, come si è spiegato in tutta la Sezione I di questo Libro. Questo è il caso in cui calorico e luce hanno ambidue la stessa origine.

Ponendosi però entrambi in cammino, non possono conservare tutte le stesse regole di procedimento; imperocchè (parlando della *propagazione*), il dilatamento della densità molecolare non può passare da molecola a molecola colla stessa facilità, con cui vi passa la vibrazione. Ruotare intorno al proprio asse, o ruotare tutte insieme molte molecole con movimento uniforme o decrescente per gradi, è ben'altra cosa che doversi dilatare la densità dei componenti di una molecola a spese di altre molecole che debbono restringersi. Perciò la resistenza sarà infinitamente maggiore nella propagazione del calorico, che non è nè può essere nella propagazione della luce.

§ 177 *È vero che la trasmissione del calorico sia identica colla irradiazione della luce? — Lo spettro calorifico non coincide collo spettro lucido.*

Ma i Fisici han creduto trovare identità, non già nella propagazione ordinaria del calorico e della luce, bensì nella loro rispettiva irradiazione. Io ne feci conoscere la dissomiglianza, perocchè il primo non riscalda il corpo diatermico per cui passa, ma il secondo, nel traversare il corpo diafano, lo illumina (§ 171).

È certo però che il calorico raggiano presenta tutti i fenomeni del cammino appartenente alla luce. Come è possibile

ciò? — La luce, io dissi (§ 172), non si trasmette a traverso il corpo diafano, ma si propaga con gran celerità. Perciò non è meraviglia, che essa si rifranga semplicemente o doppiamente, si polarizzi, si colori, in proporzione allo stato delle molecole del corpo diafano per cui passa. Il calorico, tutto all'opposto, non si propaga, ma si trasmette a traverso il corpo diatermico: perciò non vi ha nessuna ragione che esso, non passando affatto per quelle molecole, debba soffrire in proporzione di esse ed in proporzione del loro stato, la rifrazione semplice e doppia, la polarizzazione, la colorazione, ec. Come accordare la teoria fondamentale della trasmissione del calorico con questi esperimenti, che sembrano contrastarla?

Prima di tutto bisogna avvertire, che tra le irradiazioni lucide e le calorifiche non vi ha quella sola differenza da me poco avanti accennata, che le une illuminano il mezzo diafano e l'altre non riscaldano il mezzo diatermico (§ 171); ma inoltre vi ha la differenza notevolissima, che i colori dello spettro calorifico non coincidono con quelli dello spettro lucido, anzi lo spettro calorifico incomincia molto prima dello spettro lucido, ed il suo massimo corrisponde talvolta nel rosso, talvolta anche più in là, come fece il primo avvertire Herschel; e ciò dipende dalla varia natura dei prismi che si adoperano, siccome osservò Seebeck, e più definitivamente provò il Melloni. Perciò i raggi calorifici posseggono gradi di rifrangibilità, ed hanno un potere dispersivo, molto diversi da quelli che appartengono ai raggi lucidi. La polarizzazione del calorico per mezzo delle turmaline non accade nello stesso modo in cui accade quella della luce dentro le stesse turmaline. Ciò veniva primitivamente avvertito da Forbes; e da Melloni non veniva assegnata la vera ragione, poichè egli faceva conoscere, che il fenomeno è dovuto alla special natura delle turmaline. Tutte queste differenze provano pur tuttavia, che la stessa irradiazione, nella quale il calorico e la luce sembrano andare perfettamente di accordo, non è in effettività uguale nell'una e nell'altra.

§ 178 *Il calorico non s'irradia per quella stessa forza per cui s'irradia la luce — La ondulazione calorifica sottostà alle stesse leggi della vibrazione lucida : qual'è dunque la loro differenza?*

Bisogna dunque penetrare più a fondo nella vera ragione, per la quale il calorico s'irradia. Prima di tutto, il calorico che s'irradia non è sempre accompagnato da luce, poichè una delle sorgenti calorifiche, che si è adoperata dai Fisici nelle ricerche dello irraggiamento, si è il cubo d'acqua bollente, dal quale non viene emesso che calore oscuro. Così ancora qualunque altro calorico oscuro, come quello che proviene dalla stessa persona di un'uomo che entra in una stanza, vien tosto risentito dai termoscopii più delicati e dal termomoltiplicatore. Da ciò emerge, che non è la forza vibratoria produttrice della luce quella che rende raggianti il calorico, ma ch'esso s'irradia per tutt'altra causa.

In secondo luogo è certo, che i fenomeni dell'irradiazione corrispondono esattamente al sistema del cammino ondulatorio. I calcoli di Fresnel sulle ondulazioni lucide, sulla loro mutua precedenza, sul loro mutuo ritardo, sul loro incrociamento, hanno reso ragione di tutti i fenomeni di rifrazione, d'interferenza di polarizzazione ec. Il calorico, essendo soggetto a questi stessi fenomeni, deve pure irradiarsi in una forma ondulatoria. E per conservare tutte le differenze che io son venuto esponendo, bisogna dire, che la ondulazione calorifica sia essenzialmente diversa dalla vibrazione lucida; e principalmente, che la ondulazione del calorico non sia vero *stato di calorico* nella molecola in cui si trovà, a differenza della vibrazione lucida, la quale è vero *stato di luce* nelle molecole in cui è. Perciò la vibrazione lucida illumina il corpo per cui passa, la ondulazione calorifica non riscalda il corpo diatermico.

Vado così aprendomi la strada ad indagare la vera natura della ondulazione calorifica.

§ 179 *Vibrazioni diverse che succedono nei fluidi e nei solidi, quando sono assoggettiti alla propagazione calorifica — Nei varii solidi bisogna diversi gradi di calorico, affinchè tali vibrazioni divengano lucide — Perchè?*

Tostochè un'aggregazione di molecole incomincia a ricevere per propagazione l'influenza di una sorgente calorifica, ognuna delle molecole, secondo la speciale sua composizione ed interna saldezza, comincia a dilatare più o meno la sua densità. Questa dilatazione, nel dover passare alle molecole susseguenti, produce in ognuna di esse due stati contrarii, cioè: la molecola ancora non colpita dallo stato di calorico, essendo vicina ad un'altra che vuole comunicarle questo stato, in virtù della naturale resistenza nascente dal proprio interno equilibrio, deve prendere un moto di allontanamento da quella molecola. Avvertii sopra (§ 176), che nei liquidi, ed in generale nei fluidi, questo allontanamento della molecola fredda dalla molecola calda si effettua in realtà, perocchè tra le molecole non vi ha coesione. Ma, la molecola allontanata viene un'altra volta dalle correnti, che ivi si formano, ricondotta al contatto stesso delle molecole calde, finchè si riscaldi anch'essa: e così a poco a poco si riscalda e si rende uniformemente dilatata la densità molecolare di tutta la massa. — Nei solidi questa foga, che prende la molecola per allontanarsi, non può avere effetto, imperciocchè la mutua coesione tiene tra loro unite tutte le molecole.

Nel primo caso, cioè nei liquidi, ne nasce un urto tempestoso tra le diverse loro molecole: perciò un attrito irregolare fra di loro ed una vibrazione non rettilinea, non energica, non sommamente rapida; eccettochè non si alzi la forza dilatatrice della sorgente sino ad una temperie assai elevata, perchè allora gli stessi liquidi ed i fluidi prendono tal movimento repulsivo contro la dilatazione che li preme, da sviluppare tutta l'energia di una vibrazione lucida: ed in tal caso la serie

delle vibrazioni per la sua stessa foga diventa rettilinea, i fluidi, che la soffrono, s'infiammano.

Nel secondo caso, cioè nei solidi, i movimenti di repulsione che fan le molecole per non soggiacere alla dilatazione calorifica, da cui sono violentate, si trasformano in tante vibrazioni semplici, e non mai in veri movimenti di allontanamento, dapoichè tutte le molecole restano sempre al loro posto, conservano cioè le relazioni della loro coesione colle molecole circonvicine. Questa vibrazione sino ad un punto non è ancora vibrazione lucida, poichè per divenire tale bisogna che sia energica assai, ed assai rapida (§ 139). Quando però la forza dilatatrice della sorgente calorifica giugne ad un grado molto avanzato, allora le molecole prendono una vibrazione energica e rapida quanto basta per manifestare lo stato lucido.

E qui bisogna avvertire per incidente, che la manifestazione delle vibrazioni lucide non corrisponde sempre ad un solo determinato grado di calorico in qualunque sostanza: il fosforo p. e. presenta le vibrazioni lucide sotto ad una temperatura bassissima, anche vicina a 0°; ma alcuni metalli, come il platino, il ferro, il rame ec. han bisogno dei più forti gradi di temperatura per comparire incandescenti. Ciò fa vedere, che la vibrazione lucida non si esercita sopra un etere imponderabile; perchè questo, dovendo sempre essere identico a sè stesso, dovrebbe mettersi in vibrazione ad un grado sempre fisso di calorico. Ma ciò non avviene: perchè non sono le molecole di un etere imponderabile, ma le molecole stesse ponderabili, che debbono entrare in vibrazione; e siccome è diversa la loro speciale struttura, e diversi sono i mutui loro rapporti, perciò han bisogno di una forza calorifica più o meno grande per manifestare le vibrazioni lucide.

Fin qui ho notato quello che accade nelle molecole, che son vicine alla sorgente calorifica, o che ricevono per propagazione il calorico da molecole già riscaldate. Or, raccogliendo il già detto, stabilisco, che uno dei primi effetti della dilata-

zione avvenuta nella densità di alcune molecole si è quello di mettere in vibrazione altre molecole, le quali ancora non siensi corrispondentemente dilatate: e come la forza dilatatrice si accresce, così la vibrazione diviene più energica, ed in virtù dell'aumentata energia diventa più rapida, più rettilinea: nel quale caso essa è luce.

CAPO III.

LA VIBRAZIONE COSTITUISCE LA ESSENZA DELLA LUCE

E SERVE A TRASMETTERE IL CALORICO

§ 180 *La dilatazione calorifica è preceduta ed accompagnata da vibrazione nelle molecole su cui si estende. — Le molecole dei corpi diatermici sono adatte a vibrare, e non a dilatarsi.*

Parrebbe forse, che io colla presente esposizione teoretica altro non facessi che confermare la dottrina di coloro, i quali sostengono la identità del calorico e della luce; ma s'io mal non veggo, non è così. Altro è la dilatazione già accaduta nella densità della molecola, altro è la vibrazione ch'essa prende per isfuggire alla dilatazione di densità, nella quale non è ancora entrata. Il primo è stato di calorico, il secondo, come dirò più sotto, è causa di trasmissione di calorico, ed egli stesso è luce, quando giunge a quel grado di energia e rapidità che per tal uopo è necessario.

Le molecole vibrano, prima che sieno investite dalla forza dilatatrice, o mentre che sono investite da una forza di tal natura, che continuamente si accresce; perocchè bisogna ritenere la massima fondamentale, che *la vibrazione è effetto della resistenza, la quale oppone ciascuna molecola per non essere costretta a dilatare la propria interna densità più di quello che è dilatata* (§ 176). Perciò la vibrazione in ogni molecola o

immediatamente precede, ovvero accompagna lo stato di calorico in cui essa entra, o in cui essa vieppiù s'inoltra. Come la dilatazione calorifica incomincia a propagarsi dalla sorgente sopra quei corpi che ne son capaci, così la vibrazione la precede e l'accompagna, ed è uopo sempre ritenere, che se tal vibrazione è molto rapida e forte, allora si manifesta sotto forma di luce, ed il calorico propagandosi viene immediatamente accompagnato dalla luce.

Vi sono però molte sostanze, la cui interna composizione molecolare è così bene equilibrata ed è cotanto salda, che non possono per nessun modo soffrire dilatazione nella loro densità: tali sostanze possono essere o solide o fluide indifferentelemente, perocchè la disposizione a non ricevere il dilatamento nella interna densità molecolare non dipende affatto dalla coesione che han tra loro le molecole, ma dipende unicamente dalla intima loro composizione, che le rende più o meno salde. I corpi diatermici sono per lo appunto quelle sostanze la cui intima composizione molecolare è salda perfettamente, o quasi (§ 103). Or, benchè le molecole dei corpi diatermici non sieno adatte a ricevere la dilatazione calorifica, pure sono e debbono essere pienamente disposte a ricevere la vibrazione, ch'è l'effetto della sorgente calorifica. Il moto vibratorio è ben diverso dal dilatamento della molecola: il dilatamento incontra moltissimi ostacoli, perchè ha bisogno di un compenso antagonistico (§ 18, 57), e perchè le molecole dei corpi diatermici, di cui ho parlato, possono in virtù del loro interno equilibrio non essere affatto disposte a dilatare la loro interiore densità. Ma la molecola, che vibra, fa vibrare per necessità le molecole circostanti, imperocchè la vibrazione è una cosa mista, che appartiene alla molecola la quale gira intorno al proprio asse; ed appartiene ancora alle molecole circonvicine, le quali per lo immediato contatto non possono starsi immobili, ma debbono prendere anch'esse lo stesso giro.

Ed opportunamente qui si può riflettere, che la dilatazione

della densità stà tutta nella molecola la quale si dilata: le circconvicine debbono sentirne o la scossa o l'antagonismo, ma non si debbono per necessità dilatare. Chi ben riflette sul modo in cui si effettuano la dilatazione di una molecola e la vibrazione, vede bene che la prima non porta per necessità la dilatazione delle altre molecole, e la seconda produce in tutte necessariamente una vibrazione consecutiva.

Da ciò si deduce, che la dilatazione calorifica di alquante molecole è causa necessaria di scotimento e di vibrazione in tutte l'altre, ma non causa necessaria di loro dilatazione.

§ 181 *Per qual ragione le molecole, che non sono adatte a dilatarsi, debbono essere idonee a trasmettere la dilatazione vibrando.*

I corpi più opachi ridotti in lamine tenuissime sono diafani, perchè la vibrazione lucida può propagarsi per ogni corpo, anche per quelli che sono non idonei a ricevere la dilatazione calorifica. Affinchè una molecola si dilati in virtù della dilatazione calorifica ricevuta da altre molecole, è necessario ch'essa per natura sua sia disposta a dilatarsi, appena le ne incontri la occasione. Perciò vi sono corpi che per natura propria propagano il calorico; altri che in nessun modo non possono propagarlo, e finchè durano in quella costituzione molecolare, non diventano mai propagatori.

Perciò ancora a sostenere la vibrazione sono disposte più o meno tutte le molecole. Se la vibrazione lucida si estingue sui corpi opachi, e la vibrazione calorifica si estingue sui corpi adiatermici, ciò non dipende dacchè le molecole non sono atte a vibrare, ma dacchè la loro situazione fa non camminare in linea retta le vibrazioni ricevute, ed obbligandole ad incrociarsi e ad incontrarsi in mille direzioni irregolari e contrarie, a breve cammino l'estingue (§ 168). Per questo i corpi opachi assottigliati diventano diafani; e la medesima cosa, se si faranno l'esperienze, si osserverà sui corpi adiatermici.

262 LIBRO II, SEZIONE III, CAPO II.

Ora i corpi, che non sono suscettivi del dilatamento calorifico per propagazione, sono sempre suscettivi della vibrazione proveniente dalle molecole, che immediatamente sotto-
stanno alla forza dilatatrice della sorgente calorifica; e non potendo essere *propagatori*, sono però *trasmettitori*. Imperciocchè, se non propagano il dilatamento, lo trasmettono.

§ 182 *La varia conformazione delle molecole fa cangiare il cammino di qualunque specie di vibrazione — La vibrazione è il mezzo con cui si trasmette il calorico a traverso dei corpi diatermici.*

Qui bisogna da capo riflettere sul modo, con cui camminano queste vibrazioni. È vero, che tutte le molecole debbono essere disposte a ricevere la vibrazione, ma la ricevono e la comunicano secondo la speciale loro natura, e mutua loro coesione. Io già avvertii, parlando delle vibrazioni lucide (§ 149), che non è ugualmente facile a tutte le molecole compiere la rotazione intorno al proprio asse, perocchè essendo diversa la loro densità, la loro interna struttura, ed i loro scambievoli rapporti, diversamente pure prestar si devono ad eseguire la vibrazione. E questa è una delle ragioni per cui l'intero arco della vibrazione, che costituisce la luce bianca, soffre rifrazione e si colora secondo la speciale natura dei mezzi, per li quali passa (§ 158). La qual cosa si può ora applicare a qualunque vibrazione molecolare, tanto a quella energica e rapida che costituisce la luce, quanto a quella che non costituisce luce. — Perciò le vibrazioni non camminano sempre allo stesso modo, nè colla stessa vigoria, direzione e velocità.

Qualora una serie di vibrazioni aventi origine da una sorgente calorifica s'introduce in un corpo, non atto a propagare il calorico, ma completamente adatto ad eseguire con tutta la stessa energia, con tutta la stessa velocità, quei movimenti vibratorii che vengon prodotti dalla detta sorgente ca-

lorifica, in tal caso qual dubbio si può avere a dire, che quel corpo, invece di essere propagatore del calorico, sia diatermico?— Imperciocchè, se un'altro corpo adatto a ricevere la dilatazione calorifica andrà ad imbattersi con quello che esiegue tutte le vibrazioni provenienti dalla sorgente del calorico, allora esso riceverà nelle sue molecole tutte quelle stesse vibrazioni, come se fosse immediatamente vicino alla sorgente. E che dovrà fare allora? Dovrà sviluppare quei medesimi effetti che svilupperebbe, se fosse in contatto colla sorgente medesima: essendo disposto a dilatare la densità delle sue molecole, dovrà dilatarla col fatto, dovrà presentare tutti i fenomeni del calorico, e dovrà presentarli a quel grado in cui sono nella sorgente calorifica; semprechè si abbia riguardo alla speciale capacità ch'egli ha per lo calorico. secondo la costituzione peculiare delle sue molecole. Infatti l'esperienza questo dimostra in tutti i casi d'irraggiamento calorifico.

Se si riflette bene su quanto ho detto, si scorge chiaro, che lo stato di calorico non trapassa veramente le molecole del corpo diatermico; ma è la vibrazione, effetto di calorico e causa di calorico, quella che le traversa di una in una. Perciò diasi giustamente (§ 101), che nei corpi diatermici lo stato di calorico non si propaga, ma si trasmette, perocchè la trasmissione allor si avvera, quando una massa, soffrendo da una parte l'effetto totale d'influenza di un'altra massa, la riproduce dall'altra parte, senza che le sue stesse molecole intermedie ne risentano il perturbamento (§ 30).

§ 183 *Come il corpo diatermico genera dei cangiamenti nella vibrazione che lo attraversa, così produce dei cangiamenti nella dilatazione calorifica che per mezzo di tal vibrazione si trasmette.*

Giacchè dunque il corpo diatermico influisce, secondo la speciale natura delle sue molecole, ad alterare la intensità, la direzione e la velocità delle vibrazioni tanto lucide, quanto

non lucide, ne siegue per immediata conseguenza, che esse vibrazioni debbono riflettersi totalmente o parzialmente, debbono rifrangersi semplicemente o doppiamente, debbono polarizzarsi e spolarizzarsi, debbono diffrangersi, produrre le interferenze e generare i colori, secondo la natura dei mezzi dei quali passano. — Gli effetti però della dilatazione calorifica, che si producono da tali vibrazioni passate per siffatti corpi diatermici, debbono per necessità corrispondere a tutti i cambiamenti, che le vibrazioni subiscono nel traversare quei corpi.

Siccome lo stato di calorico della sorgente viene a riprodursi in altro punto lontano, mediante la serie delle vibrazioni che da essa sorgente incominciano, e trapassano tutte le molecole del corpo diatermico interposto, così lo stato di calorico che va colà a riprodursi, deve non solamente corrispondere ai gradi d'intensità che si trovano nella sorgente, ma benanche a tutti i cambiamenti, che nelle vibrazioni produce il corpo trasmettente secondo la sua natura. Se dunque le vibrazioni si riflettono, si rifrangono, si polarizzano, si colorano ec., il calorico per loro mezzo trasmesso parrà riflettersi, rifrangersi, polarizzarsi, colorarsi ec. Col fatto però non si riflette, nè si rifrange, nè si polarizza, nè si colora lo stato di calorico, cioè la dilatazione della densità molecolare, perchè questa non è capace di tali attributi: avvengono bensì queste cose nelle vibrazioni, che sono gli stromenti della trasmissione calorifica, e secondochè succedono siffatti cambiamenti negli strumenti della trasmissione, in proporzione si devono osservare cambiamenti analoghi nel calorico che andrà a risultarne.

Che il fatto sia così, si può ben vedere riflettendo per poco su tutti i fenomeni del calorico raggianti; imperciocchè, sia che il calorico si rifletta, sia che si rifranga, non lascia mai vestigio di dilatazione molecolare nel mezzo rifrangente, nè sul corpo riflettente. La luce al contrario ci permetta bene di poter vedere la superficie su cui si effettua la riflessione,

o di poter vedere la interna struttura del mezzo rifrangente tanto se sia luce polarizzata, quanto se non sia.

§ 184 *Gli stessi corpi, che riflettono la luce, riflettono il calorico — La diffusione del calorico è diversa da quella della luce — Le ondulazioni calorifiche debbono soffrire maggiore refrazione delle vibrazioni lucide: perciò si osserva calore oscuro.*

I corpi, che riflettono la luce, riflettono benanche le vibrazioni produttive dello stato di calorico. La ragione di ciò è chiara: poichè, qualunque specie di vibrazione, trovato che abbia una resistenza grande ed eguale sopra tutti i punti di un piano, deve per necessità ripiegarsi, o deve fare un angolo di riflessione eguale all'angolo d'incidenza.

Non è lo stesso in quanto alla diffusione. Questa è sempre proporzionale al potere assorbente, che ha il corpo sul quale cade il raggio della vibrazione: il potere assorbente, siccome dimostra l'esperienza, non è lo stesso in tutti i corpi per lo calorico e per la luce; e perciò la diffusione del calorico in alcuni corpi è maggiore, in altri è maggiore la diffusione della luce.

Da quanto ho detto sopra (§ 139), apparisce che la vibrazione lucida è una vibrazione energica e rapida: questa stessa può esser meno energica e meno rapida, quando non nasca da una sorgente molto vigorosa: ed allora è produttiva di calore oscuro. Perciò è ben possibile, che un corpo assorba gran parte della energia e rapidità d'una vibrazione: ed in tal caso diffonde una luce più debole. Purnondimeno quella stessa vibrazione che si diffonde è bastevole a produrre lo stato di calorico.

Lo stesso si deve ancora dire della refrazione. Quelle sostanze, che hanno molto potere rifrangente sul raggio lucido, non hanno sempre l'ugual potere sul raggio calorifico; perocchè alcune sostanze, nel cangiare la direzione delle vibrazioni, possono

avere maggiore o minor forza in deviarne la intensità.

Mi spiego. La intensità delle vibrazioni non dipende da ciascuna a solo; ma dipende dall'intero sistema ch'esse fanno tra di loro. Quindi, allorchè molte linee di vibrazioni vengono deviate dalla loro rispettiva perpendicolare per causa di rifrazione, la loro intensità massima deve trapassare da una linea ad un'altra: la linea delle vibrazioni si devia dalla perpendicolare, come le molecole del corpo rifrangente si allontanano dalla perpendicolare medesima; ma la loro intensità massima non è costretta a correre un simile deviamiento, anzi essa deve tenersi sempre più avvicinata alla perpendicolare. È un principio di meccanica, che io non m'impegno a dimostrare troppo a lungo, perchè è chiaro per sè.

Devo da questo principio conseguire, che in uno stesso corpo molto rifrangente i raggi della luce, siccome corrispondono alle vibrazioni più intense, devono soffrire un'allontanamento dalla perpendicolare minore assai di quello, che soffrono i così detti raggi calorifici oscuri, i quali, per quanto è stato detto, corrispondono alle vibrazioni meno intense. — E la esperienza non conferma appunto questo? I raggi calorifici oscuri incominciano molto prima del color rosso, come ancora si estendono molto al di là del color violetto. La prima parte è stata provata dal Melloni, la seconda si prova dagli effetti chimici che produconsi sulle carte fotogeniche situate al di là del color violetto: ora gli effetti chimici non potrebbero colà manifestarsi, se non vi concorresse un'azione dilatatrice, azione calorifica.

§ 183 *Vere ragioni per le quali si hanno dei raggi lucidi senza calorico. — Sino a qual punto la vibrazione serve a trasmettere il calorico senza manifestare luce: sino a qual punto sia trasmettitrice di calorico e insieme lucida: sino a qual punto sia lucida senza più trasmettere calorico.*

Dove la luce è più intensa, ivi è più intensa la vibrazione,

e perciò il calorico dev'esservi prodotto proporzionalmente più intenso. — Ma questo non significa, che qualunque raggio di vibrazioni lucide deve sempre generare un grado di calorico maggiore di quello che generato viene da qualunque altro raggio di vibrazioni oscure: osserviamo infatti il calorico di 100 e più gradi prodotto da raggi oscuri provenienti dall'acqua bollente, o da metalli ancora non roventi; mentre il calorico proveniente dai raggi lucidi della Luna, concentrati per mezzo d'una gran lente, è arrivato appena a 4°, 8. Io feci vedere (§ 173), che questi fatti sarebbero non ispiegabili, se si volesse supporre, che il calorico e la luce fossero la medesima cosa, perocchè il calorico oscuro dovrebbe sempre esser più debole di qualunque altro calorico lucido.

La luce altro non è che la vibrazione molecolare ridotta ad una velocità grande, la qual velocità è proporzionale alla intensità della forza vibrante (§ 167). La medesima vibrazione serve a trasmettere lo stato di calorico, ma ella stessa non è calorico (§ 181). Or, se la luce corrisponde alla intensità della vibrazione, l'attitudine a trasmettere il calorico non va in proporzione della medesima intensità; essendo ben possibile che una serie di vibrazioni, non intensa al segno di manifestare lo stato lucido, trasmetta calorico al di là di 100° C., e viceversa, che una serie di vibrazioni, intensa tanto da emettere una luce bianca e chiara come quella della Luna, non può generare che debolissimi gradi di calorico, inferiori certamente a 0°, quando non sieno concentrati per mezzo della lente.

Una volta che la vibrazione prodotta dalla sorgente lucido-calorifica giunga a quel grado di energia, rapidità e regolarità di direzione, che basti a farla comparire nella forma di luce, questa forma lucida, tira il suo corso a lunghissima distanza, in proporzione della intensità primitiva che riceve dalla sorgente, e di tutti gl'incontri che le toccano nel cammino (§ 167). Ma l'attitudine a riprodurre lo stato di calorico non va colle stesse proporzioni: segno certo, ch'essa

non corrisponde punto per punto alla intensità della vibrazione lucida.

Rendo le idee più precise. Ogni vibrazione produce due effetti contemporanei : fa descrivere a ciascuna molecola un arco alternante di rotazione intorno al proprio asse, e questo divenuto rapido è la luce : inoltre comunica da molecola a molecola un urto, una scossa che si voglia dire, e questo non è il calorico, ma è il mezzo la cui mercè va a prodursi lo stato di calorico in quelle molecole, che sono effettivamente capaci di dilatare la loro densità molecolare. Per aver la luce bisogna che la vibrazione giunga alla forma di celere ruotamento, e tanto dura la luce, quanto dura questo stato di ruotazione intorno al proprio asse. L'urto, o la scossa produttrice di calorico, comunque siasi la forma della vibrazione, incomincia dal punto della sorgente calorifica, e va perdendo la sua efficacia, come da quel punto si va allontanando. Perciò l'esperienza dimostra, che le vibrazioni dei così detti raggi calorifici incominciano dal più leggiero grado di calorico, siavi o non siavi luce; ma a lungo andare le vibrazioni perdono la energia scotente, quella energia che deve produrre la dilatazione calorifica, benchè possano tuttavia descrivere con somma nitidezza e precisione il giro intorno al proprio asse, che serve a mantenerle lucide.

§ 186 *Conclusione di questa Sezione. — Non vi sono a rigore veri raggi calorifici, ma raggi termofori.*

Perciò il calorico e la luce non sono la medesima cosa. Le vibrazioni però, che servono a trasmettere il calorico, divengono luce elleno stesse, quando si avverano le condizioni di sopra dette. Per questa ragione la trasmissione calorifica, non però la propagazione (§ 171), soggiace a tutte quelle leggi d'irradiazione, che sono proprie del sistema vibratorio, ed in ciò soltanto si assomiglia alla luce nel suo cammino.

Compresi bene i sopradetti principii, si spiegano a suffi-

cienza le poche somiglianze dello stato di luce e dello stato di calorico. Non è mio proposito venire in più particolari spiegazioni, perchè io non ho per oggetto di dettare un Corso di Fisica, ma solamente di rintracciare e porre i più generali principii sulla natura dei fenomeni, che sonosi attribuiti ai creduti Fluidi Imponderabili.

Solamente mi sembra necessario avvertire, che quando si dice *raggio lucido* o *raggio calorifico*, non si devono intendere due irradiazioni della stessa natura; una è irradiazione di vera vibrazione lucida, che si propaga da molecola a molecola; l'altra è sola irradiazione di scotimento vibratorio, che serve a trasmettere il calorico, cioè a riprodurlo in altro luogo più lontano senza farlo passare effettivamente per nessuna delle molecole trasmettenti. Io veramente, invece di *raggi calorifici*, li chiamerei *raggi termofori*, cioè: non raggi di calorico, ma apportatori di calorico; perchè il raggio vibratorio non è effettivamente il calorico, ma serve a trasmetterlo in lontano.

SEZIONE IV.

DEGLI EFFETTI DELLA LUCE.

La luce genera tali effetti sui corpi ponderabili, che a tutti modi bisogna dire, essa non essere un agente imponderabile, nè una vibrazione sopra etere di tal natura. Essa produce effetti *fisico-chimici*, *effetti fisiologici*.

CAPO I.

EFFETTI FISICO-CHIMICI DELLA LUCE.

§ 187 *Perchè sotto a certi colori dello spettro si operino certe combinazioni chimiche — Si esclude l'idea, che tali combinazioni possano esser prodotte da vibrazione sopra etere imponderabile.*

Gli effetti fisico-chimici della luce dipendono senza verun

dubbio dallo scotimento, che produce la vibrazione lucida sopra le molecole dei corpi ponderabili, le quali sono per sè stesse disposte a subire mutamenti fisici, o pure chimici. La maggior parte degli effetti chimici della luce si producono verso il color violetto dello spettro; perlocchè i Fisici, alla cui testa è il Melloni, sonosi inclinati a stabilire, che il massimo della forza chimica si ritrovi nel raggio di quel colore. La resina di gagata lascia il colore giallo, e prende il verde sotto il raggio violetto, assorbendo ossigeno: ritorna al pristino colore giallo, essendo sottoposta ai raggi concentrati nella estremità rossa. L'idrogeno ed il cloro si combinano prontamente per l'azione dei raggi più rifratti dello spettro, non già per l'azione del rosso, del rancio, del giallo. Il cloruro di argento si annerisce più presto all'azione dei raggi violacei o azzurri, il bromuro di argento fa lo stesso.

Or tutte queste operazioni chimiche, che si effettuano con maggior facilità sotto i raggi più rifratti dello spettro, son propriamente quelle per le quali fa bisogno del più debole scotimento molecolare; imperciocchè è certo, che lo scotimento maggiore si ha nel rosso e nei raggi men rifratti, i quali, appunto per essere tali, debbono conservare maggiore energia: col fatto il maggior calorico si trova sotto il raggio rosso, o il vicino. Perciò nella gagata si veggono succedere due contrarii effetti sotto ai due colori estremi, violetto e rosso: nel primo vien favorita la ossidazione, donde il color verde che prende quella resina: nel secondo vien eseguita la disossidazione, donde il ritorno della resina al naturale suo colore giallo.

Le combinazioni chimiche non tutte sono di una specie, nè tutte han bisogno dello stesso grado di calorico: alcune si effettuano colla menoma scossa che venga data alle molecole, mentre con un urto più grave non si opererebbero: viceversa, altre han bisogno di uno scotimento maggiore, e perciò vogliono una luce più intensa, o vogliono una luce bianca.

Intanto il maggior numero degli effetti chimici si vede pro-

dotto dal raggio violetto, perchè quello è il colore più raro nella luce ordinaria. Se la luce fosse ordinariamente di color violetto, allora la maggior parte degli effetti chimici si osserverebbero sotto la luce bianca, sotto la luce rossa, ed in generale sotto i raggi di luce più composta, che in quel caso sarebbero i meno ordinarii. Avvezzi i corpi all'azione intensa della luce bianca e de' colori più composti, mostrano poche variazioni sotto i loro raggi, e per converso mostrano maggior quantità di effetti, quando sono sotto la debole ma non ordinaria azione del raggio violetto.

Non si è ricercato, se in tutte queste combinazioni chimiche operate dalla luce siavi sviluppo di calorico, ma, se s'istituissero esperimenti a proposito, vi si ritroverebbero, come in tutto le altre operazioni chimiche, i più aperti segni delle dilatazioni e degli antagonistici restringimenti molecolari. Anzi, se si osserverà bene, vedrassi che, quando si operano tali effetti chimici sotto al raggio violetto, vi ha una manifestazione di calorico, che ordinariamente sotto a quel raggio non mai suol'essere.

Or io dico: le sole vibrazioni di un etere imponderabile potrebbero produrre discioglimenti molecolari e ricomposizioni di tal natura? Tralascio d'invocare la consueta teoria fondamentale, che la sostanza imponderabile, se mai esistesse, non potrebbe mica avere rapporti di azione colle sostanze ponderabili (§ 134). Ma in verità, le ondulazioni di una sostanza imponderabile potrebbero mai congiungere o disgiungere alcuni elementi primitivi, trasportandoli da una molecola all'altra?

§ 188 *Le cristallizzazioni si effettuano sotto la direzione della luce — Si esclude l'idea della vibrazione dell'etere imponderabile — Si spiega il fenomeno colla vibrazione delle molecole ponderabili.*

Si guardino un poco le cristallizzazioni, che avvengono sotto l'azione della luce: la direzione dei cristalli è per lo più quella

stessa che ha il raggio lucido. In tal caso non si può dire, che la vibrazione lucida prenda questa o quell'altra direzione, a causa che l'etere sia costretto dirigersi per questa o quell'altra via, giusta la disposizione dei cristalli; anzi al rovescio, questi son disposti a prendere quella direzione, che darà loro la vibrazione lucida. Per dirla più rettamente, la cristallizzazione siegue nelle sue direzioni una ragion composta, cioè, si dispone secondo la naturale tendenza che han le molecole a congiungersi tra di loro, e secondo il raggio della vibrazione lucida che le colpisce. Le cristallizzazioni, che si fanno nel bujo, obbediscono soltanto alla legge della struttura particolare delle molecole, ed alla forza del proprio peso. Chi non vede in tutte queste congiunture l'azione delle molecole ponderabili dirigersi secondo l'impulso vibratorio ricevuto dalla sorgente lucida, adattandovi le loro peculiari tendenze, e producendo effetti in ragion composta dell'uno e dell'altre?

La materia che deve cristallizzarsi, essendo così disposta a prendere quella direzione che vorrà darle il raggio lucido, non presenterebbe ostacolo veruno all'etere imponderabile per seguire il suo cammino in linea retta, ammettendo che la vibrazione lucida si esercitasse sopra tal etere. In conseguenza, tutti i cristalli, che si formerebbero sotto l'azione della luce, dovrebbero non presentare tutti quegli ostacoli ch'essi poi sogliono opporre al cammino rettilineo del raggio lucido, e che gli sono cagioni di tanti deviamenti. L'etere si può, anzi si deve non prepararare tutti questi ostacoli, mentre ancora la materia è amorfa, e va a cristallizzarsi sotto la sua direzione.

Lo stesso non si può dire, quando la vibrazione lucida altro non è, che la stessa vibrazione delle molecole ponderabili, le quali cristallizzano. Imperciocchè, è vero, che la forza vibrante proveniente dal di fuori muove quelle molecole secondo la sua direzione, ma passata la vibrazione sopra di esse, l'effetto risulta in ragion composta della detta direzione ricevuta, e delle particolari tendenze di esse molecole. Perciò

ne avviene, che gl'interi cristalli sono volti al punto lucido; ma le molecole, di cui essi cristalli son composti; sieguono fili i quali deviano a poco a poco da quella direzione, giusta le dette loro tendenze naturali.

Questa poi è la ragione che, ritornata la vibrazione lucida sopra tali cristalli già fermati, è costretta prendere la direzione stessa che hanno le molecole: e come questo nel cristallinarsi deviano dalla perpendicolare, così la luce è costretta a deviare, e si rifrange.

§ 189 *Il potere rifrangente de' varii corpi è proporzionale alla loro combustibilità, come diceva Newton — Ipotesi per spiegare ciò, fatte dai sostenitori della vibrazione dell'etere imponderabile — Si rigettano.*

Newton osservava, che il potere rifrangente dei corpi sta in proporzione colla loro combustibilità; e particolarmente si muoveva da questo principio, allorquando predicava, che il diamante, il quale esercita un potere rifrangente sopra la luce, debba essere combustibile. I Fisici, che inchinano a credere il calorico e la luce esser non altro, che una particolare specie di vibrazione esercitata sopra l'etere imponderabile, suppongono che tra le molecole dei corpi più rifrangenti sia intermista una maggior copia di detto etere. Dippiù suppongono, che questo, quanto è più copioso, tanto meno è elastico: dicono essere più copioso, perchè serva a destare una più forte combustione: dicono dover'essere meno elastico perchè faccia allontanare dalla perpendicolare la linea delle vibrazioni lucide. — Dippiù, siccome il maggior potere rifrangente si trova nei corpi più densi, sono stati costretti ad ammettere in quelli la sudetta maggior copia di etere meno elastico; sono stati costretti ad ammetterne più nei solidi che nei liquidi, e più in questi che nei fluidi elastici.

Tutte le quali ipotesi fanno ben vedere, come sieno costretti ad allontanarsi dalla verità, ed a chiudere propriamente

gli occhi alla luce, coloro che voglion sostenere i fluidi imponderabili, o le vibrazioni dell'etere imponderabile. Eccetto che non vi fosse compenetrazione totale tra le molecole ponderabili e le imponderabili (cosa che i detti Fisici non hanno mai pensato di sostenere) sarebbe sempre necessario, che le molecole dell'etere imponderabile occupassero gl'interstizii ed i pori rimasti vuoti di materia ponderabile. Per conseguenza, siccome a pari volume i fluidi elastici sono più porosi dei liquidi, ed i liquidi più dei solidi, la maggior copia di etere si dovrebbe ritrovare nei primi, e non già nei secondi; ed in questi se ne dovrebbe ritrovare più che nei terzi.—Esser poi meno elastico l'etere, quanto più è copioso, sembra una ripugnanza manifesta, eccettochè non si voglia dire che l'etere, copiosamente accumulato nei solidi e nei corpi più densi, vi stia come imprigionato a forza, e serrato dalla densità medesima di quei corpi; perocchè allora soltanto egli sarebbe impedito ad esplicare liberamente il suo elatere. Ma, come è possibile che le molecole ponderabili, tengano incarcerato l'etere imponderabile? quell'etere, il quale, siccome vien detto dagli stessi Fisici, ha una sottigliezza incredibile, una forza di elatere tanto straordinaria, che le sue vibrazioni giungono dal Sole alla Terra in 8', 13"? Dotato di tanta prodigiosa forza di elasticità, e di sì estrema sottigliezza che lo rende non pesante, potrebbe mai essere impedito, potrebbe mai essere imprigionato dentro molecole tanto più grossolane di lui, tanto infinitamente meno elastiche?

Chi non vede chiaro, il maggior potere rifrangente dei corpi dipendere esclusivamente dalle loro stesse molecole? Le quali, se sono più dense, e se compongono in corrispondenza un aggregato più denso, debbono per necessità sostenere una vibrazione meno intensa. E noi abbiamo già dimostrato (§ 157), che decrescendo d'intensità la vibrazione, deve per necessità deviare dalla perpendicolare, e deve descrivere un segmento di arco più breve: dal che hanno origine la refrazione e la colorazione.

Ma perchè mai vi ha sì stretta corrispondenza tra il potere rifrangente dei corpi e la loro combustibilità? È forse un effetto della luce rifratta, che rende più combustibili i corpi più rifrangenti? Non può esser così: la luce pertanto si rifrange, perchè trova il mezzo atto a rifrangerla, non viceversa. Per altro, si ricavano dalle viscere della terra alcuni cristalli molto rifrangenti, i quali da lunghissimo tempo non hanno esercitato il loro potere sopra la luce: ciò non ostante, essi sono combustibili in proporzione che potrebbero essere rifrangenti. Non è dunque un'effetto della luce rifratta il disporre i corpi alla maggiore combustibilità.—Dico ciò, perchè non son mancati Fisici, i quali han messo fuori questa ipotesi.

§ 190. *Si spiega perchè tra i corpi rifrangenti, quelli che sono più rifrangenti, sono più combustibili.—La spiegazione confronta colle idee di combustione che si avevano ai tempi di Newton.*

Or bisogna riflettere, che i corpi rifrangenti debbono per necessità essere diafani, ed i corpi diafani sono diatermici per lo più. Può la diafanità non essere uguale alla diatermicità, ma è impossibile, che dov'è la prima proprietà, non sia pure la seconda; imperocchè ho stabilito (§ 182), che il mezzo con cui si trasmette da punto a punto il calorico si è la vibrazione, quella stessa la quale, resa energica rapida e regolare, costituisce la luce.

Le molecole del corpo diatermico debbono essere da una parte adatte a sostenere la vibrazione proveniente dalla sorgente calorifica, e dall'altra parte debbono essere non idonee a ricevere in sé medesime lo stato di calorico, cioè non idonee a dilatarsi; che se altrimenti fosse, lungi dal vibrare e trasmettere altrove la dilatazione calorifica, la ricoverebbero elleno stesse per immediata propagazione (§ 180). Dunque non si può stabilire per regola, che i corpi più combustibili

sieno più rifrangenti, anzi sottosopra, son essi tra tutti i corpi i meno disposti a ricevere la dilatazione calorifica. La legge di osservazione espressa da Newton è relativa ai soli corpi rifrangenti senza paragonarli con altri: egli osservava, che tra tutti i corpi rifrangenti, quelli che li sono più, sono i più combustibili. Se altrimenti avesse detto, la espressione sarebbe stata falsa, poichè quanti corpi opachi non vediamo dispostissimi alla combustione! Il diamante, corpo più rifrangente di tutti; non è adatto ad entrare in combustione, quanto lo è un pezzo di legno, un pezzo di solfo ec.

La ragione della osservazione fatta da Newton è tanto semplice, che non potrebbe esserla dipiù. Quanto più un corpo è rifrangente, tanto meno le sue molecole debbono essere disposte a vibrare (§ 157, 160). Quanto più le molecole di un corpo son disposte a vibrare, tanto meno sono idonee a ricevere in sè stesse la dilatazione calorifica, epperò la trasmettono: come viceversa, quanto meno son disposte a vibrare, tanto più sono adatte a ricevere la dilatazione calorifica. Ecco perchè tra i corpi rifrangenti quelli che li sono più, sono più adatti a ricevere per propagazione i gradi più alti di calorico.

Ma debbo fare un'avvertenza necessaria. Newton sotto il nome di *combustione* non intendeva quello che poi Lavoisier ha designato sotto questo nome, val quanto dire, la fissazione dell'ossigeno sopra una base, accompagnata da innalzamento di temperatura; e molto meno poteva intendere sotto tal nome qualunque specie di fissazione di un corpo sopra altro corpo con elevazione di temperatura (§ 53). Egli perciò sotto il nome di combustione intendeva quello che generalmente si suole intendere, cioè il bruciare.—Or qualunque bruciamento è un'operato chimico: perciò tra i corpi rifrangenti, quelli che più son tali, debbon essere meglio disposti a subire il chimismo accompagnato da elevazione di temperatura. La qual cosa è ben corrispondente alla natura delle molecole che, per essere meno atto a vibrare, producono rifrazione maggiore. Imperciocchè or ora vengo di provare, che le mo-

lecole dei corpi più rifrangenti hanno un'attitudine, maggiore delle molecole dei corpi men rifrangenti, a ricevere il dilatamento calorifico: e questa è una delle più rilevanti condizioni per essere più adatte a subire il chimismo combustivo, poichè qualunque chimismo vien favorito dalla virtù dilatatrice dello stato di calorico (§ 125).—Inoltre l'ossigeno, dalla cui fissazione nasce per lo più la elevazione di temperatura nelle combustioni, ha una maggiore affinità a combinarsi coi corpi le cui molecole sono più dense; infatti attacca a preferenza metalli, e con particolarità quelli le cui molecole sono più dense, abbandonando sempre il corpo di minor densità. Perciò, tra i corpi rifrangenti essendo più dense le molecole di quelli che posseggono maggior forza di refrazione, ne siegue che l'ossigeno deve a preferenza attaccarsi a quelle. Ed ecco riunite in cotesti corpi le due condizioni più necessarie per entrare in combustione, cioè la maggiore attitudine a ricevere il calorico, e la maggiore affinità dell'ossigeno per essi.

CAPO II.

EFFETTI FISIOLOGICI DELLA LUCE

§ 191 *Effetti della luce sulla esalazione ossigenica delle piante. — Se ne assegna la ragione vera, rigettando una falsa ipotesi. — Effetti della luce sulle sementi. — Si pongono in dubbio.*

Il rapporto, che ha la luce coll'ossigeno, mi mena a trattare degli effetti fisiologici, e principalmente di quell'effetto singolarissimo che la luce opera sopra le piante, facendone esalare l'ossigeno da tutte le foglie. Si sa, che le piante esposte alla luce inverdiscono, e quel verde è dovuto all'idrogeno che si stabilisce sulla loro superficie; mentre al contrario, tutte quelle piante che mancano di luce, o che vi sono poco

esposte, restano *etiolate*, bianchicce, come le cicorie che soglionsi dagli ortolani coprire con terra. I trattatori di Fisiologia vegetale non possono fare a meno di riconoscere nell'azione della luce un potere diretto, che favorisca ed operi la scomposizione dell'acqua contenuta nelle cellule delle foglie di quelle piante, perlocchè l'idrogeno resti in esse sotto quel colore più o men verde, e l'ossigeno ne venga fuori copiosamente. Questo fenomeno non può essere operato da un forte calorico, perciocchè esso, lungi dal far esalare l'ossigeno dalle piante, ne procura la combinazione al carbonio, e fa venir fuori l'acido carbonico, quello che ha le proprietà opposte all'ossigeno, di non esser atto alla combustione, e di esser nocuo alla vita.

Bisogna dunque dire, che per effettuarsi l'esalazione dell'ossigeno nelle piante non sono opportuni alti gradi di calorico, ma solamente sono necessari quegli scotimenti che producono le molecole aeree, quando vibrano lucidamente sulle molecole, di cui son composte le foglie di dette piante.

Ma, siccome nell'acqua comune non basta la sola azione della luce per operare lo scioglimento dell'ossigeno, perciò è necessità dire, che non è la luce quella che opera nelle foglie delle piante la scomposizione sopradetta; ma altra particolare azione chimica fa sì, che l'idrogeno si separi dall'ossigeno, e l'uno resti sulla pianta a colorarla, mentre l'altro vien portato via. La luce null'altro può, fuorchè favorire le condizioni di tal decomposizione, e mentre l'idrogeno vien trattenuto sulla pianta per particolari affinità che ivi lo legano, la vibrazione lucida co' suoi scotimenti facilita l'espulsione dell'ossigeno; il quale, se restasse nelle cellule della pianta, farebbe intristirla, siccome tutto di vediamo in quelle che sono poco soleggiate, per esser posto sotto a ripari, o sotto all'ombra di alte piante.

La luce pure ha una particolare influenza ad impedire lo sviluppo delle semenze, perlocchè da tutti i seminatori si usa sempre l'accortezza di coprirle con uno strato di terra.

Quest'altro effetto non può essere attribuito al calorico, perchè un certo grado di calorico favorisce le condizioni della germinazione. Con tutto ciò, non si può stabilire per certo, che la vibrazione lucida sia quella propriamente, la quale produca tal cosa; si è osservato sinora il fenomeno sotto alla luce tramandata per mezzo dell'aria atmosferica, e non sotto alla luce tramandata per mezzo di altro gas. Potrebbe benissimo accadere, che il ritardo o il mancamento della germinazione fosse prodotto da tutt'altra causa, come p. e. dalla influenza aperta dell'aria atmosferica, dai venti, oppure dalla mancanza di quelle azioni, che il primo strato di terra dovrebbe sviluppare sulle semenze, se in esso fossero sepolte.

Del resto, il fenomeno non è così bene studiato ed accertato, che la scienza possa ascriverlo totalmente all'azione della luce, nè è mio proposito entrare in particolarità di Chimica Organica.

§ 192 *Effetti della luce sull'organismo animale.—Se ne assegna la ragione.*

Finalmente la luce ha una decisa azione sugli animali e sull'uomo. Le carni più soleggiate sono più forti, più vigorose, ed al contrario i corpi animali meno esposti alla luce sono molli, flosci, più abbondanti di tessuto cellulare, non altrimenti che le piante, le quali, quando sono etiolate, sono più cellulose, e le cellule son piene di maggior copia di acqua. Moltissime malattie sopravvengono agli animali, per la mancanza della luce, e particolarmente quelle che dipendono da discrasia scorbutica, l'idropisia più di tutte. Onde solevasi usare di esporre gl'idropici in luoghi assai cospicui, per curarli coll'azione della luce.

In generale pare certo, che l'azione della luce sull'organismo è particolarmente quella di aumentare le traspirazioni insensibili, la cui ritenzione è causa d'infinita malattie, come ben si conosce dai Patologi. Nelle piante le traspirazioni

sono per lo più traspirazioni di ossigeno; negli animali di acido carbonico e di azoto, come l'ha provato Ingenhous, oltre a qualche altro sale calcareo fosforico ed ammoniacale, che vi ha ritrovato Abernethy. Dal che si deduce con maggior chiarezza, che la vibrazione della luce facilita solamente co' suoi scotimenti la espulsione dei gas e dei vapori, la cui secrezione è già formata dallo stesso organismo, qualunque siasi la loro natura. Se fosse proprio della luce decomporre l'acqua delle piante per trarne fuori l'ossigeno, dovrebbe altrettanto essa fare nell'organismo animale. E già si sa, che nella cute non mancherebbero umori aquei per dover essere decomposti.

Riduco dunque tutti gli effetti fisiologici della luce al solo facilitamento della eduazione di tutti quei gas e vapori, di cui si fa secrezione sulle superficie organiche. E ciò ben si confà colla natura scotente della vibrazione lucida.

Se così fosse, bisognerebbe ricercare quali proporzioni e quale intensità di scotimento sieno necessarie per ottenere meglio tali effetti sopra le diverse specie di organismo. Imperocchè io credo, che una luce intensa deve nuocere ad alcune traspirazioni, e ad altre deve giovare. Non sono a mia cognizione studii diretti su tal proposito.

EPILOGO DEL LIBRO SECONDO.

§ 193 *Le origini ed il cammino della luce, le differenze tra questa ed il calorico, e gli effetti della luce, provano ch'essa è una vibrazione delle molecole, non mai una vibrazione di etere imponderabile.*

Le principali ragioni, per le quali i Fisici moderni furono indotti a rifiutare la teoria della sostanza luce, sono state da me ritenute; ma nello stesso tempo sono state da me combattute tutte le altre ragioni, per le quali gli stessi Fisici si son persuasi ad ammettere la vibrazione lucida di un'etere imponderabile. Io ho fatto conoscere, che tra i pondersabili e

gl'imponderabili (dato che questi esistessero) non potrebbe sussistere nessuna relazione, nessun contatto. Ora l'origine, il cammino, gli effetti della luce manifestano ad ogni passo rapporti e reciprocanza di azioni colle molecole ponderabili. Perciò ho stabilito, che la luce sia una vibrazione di queste stesse molecole. Ne ho sviluppata la genesi, la composizione e la decomposizione: ho fatto vedere quali sieno le condizioni necessarie, affinchè ciascuna molecola compisca le due semirota- zioni intorno al proprio asse, che formano l'intero arco della vibrazione; ed ho dichiarato come l'intero arco possa spezzarsi in tanti segmenti parziali, corrispondenti ai colori graduati dello spettro. Finalmente ho distinto la vibrazione lucida dalla vibrazione sonora; perocchè ho dimostrato la prima compiersi in ciascheduna molecola per virtù di una forza energica e rapida, e la seconda compiersi in una serie di molecole per virtù di una forza meno energica, che non fa vibrare le singole molecole, ma le loro intere serie.

Con tali principii ho indagato la origine della luce bianca o le sorgenti delle varie luci colorate; ho passato in rivista le principali sorgenti di luce che noi conosciamo, la combustione, la fosforescenza, l'elettricità, l'attrito.

Indi ho studiato la luce nel suo cammino; e mi son convinto, che i fenomeni della riflessione regolare ed irregolare, i fenomeni della diffrazione, delle interferenze, della refrazione semplice e doppia, della polarizzazione, ed ogni sorta di colorazione che quindi ne nasce, son sempre dipendenti dallo stato delle molecole ponderabili: cioè, dalle superficie riflettenti, dai mezzi diafani, e dalle varie direzioni che prendono le serie delle vibrazioni lucide a causa degl'incontri o degli ostacoli, che ad essi si oppongono. L'etere imponderabile non potrebbe ricevere modificazione nè ostacolo veruno per le diverse superficie riflettenti o rifrangenti, nè per li diversi mezzi rifrangenti o polarizzanti. — Così ancora l'etere imponderabile non potrebbe estinguere le sue vibrazioni per la opacità dei corpi imponderabili. Io feci vedere per quali

ragioni la vibrazione lucida si diffonda e si assorbisca sui corpi opachi, feci vedere per quali ragioni si estingua : tutto dipende dalla situazione delle molecole pondersibili, dalla loro compattezza, dall'incrociamento dei loro fili, dall'indebolimento successivo che ne viene nella intensità della vibrazione lucida, per la resistenza che le oppongono gli strati molecolari.

Avendo poi paragonato nella origine, nel cammino, e negli effetti la luce ed il calorico, ne ho rilevato le differenze, e ne ho conosciuto le somiglianze. Il calorico, essendo *dilatazione della densità molecolare*, e la luce, essendo *vibrazione di ciascuna molecola*, non possono mai essere una sola ed identica cosa. Le molecole già dilatate nella densità, volendo ad altre comunicare il medesimo dilatamento, le pongono in vibrazione : però tal vibrazione non è ancora la dilatazione calorifica. Alcune molecole son disposte, mentre vibrano, a ricevere la dilatazione nella loro densità, e perciò nell'atto stesso che vibrano, si riscaldano : altre non son disposte a ricevere la dilatazione, e perciò la trasmettono, vibrando, ad altri punti da loro lontani, ad altre molecole che son capaci di riscaldarsi.

Da ciò s'intende, perchè il calorico, e principalmente la combustione, è sovente cagion di luce ; s'intende altresì perchè possa esistere calore senza luce, cioè dilatazione della densità molecolare senza vibrazione energica rapida e regolare, che costituisca la luce ; e s'intende finalmente, perchè la luce si propaga a maggior distanza, che non si propaga e non si trasmette il calorico.

Per tali ragioni la propagazione del calorico ha leggi diverse della irradiazione lucida. Per tali ragioni gli effetti del primo sono più numerosi e più vigorosi degli effetti della seconda.

In ultimo ho rivolto la mia attenzione agli effetti della luce : ho veduto degli effetti chimici, che son dovuti all'azione più o meno scotente dei raggi bianchi o colorati : ho veduto degli effetti sulla direzione dei cristalli : ho finalmente esaminato la ragione, per la quale tra i corpi rifrangenti, quelli che

più sono rifrangenti, sono più combustibili, ed ho conosciuto che, quanto più le molecole son rifrangenti, tanto meno si prestano a sostenere la vibrazione, e quanto meno si prestano a tale ufficio, tanto più sono adatte a ricevere la dilatazione calorifica, e ad entrare in combustione.

Tutti gli effetti fisiologici della luce sui vegetali e sugli animali sono stati da me ridotti alla stessa azione scotente, che esercitano le molecole aeree, vibranti sui gas e sui vapori che sonosi raccolti sulle superficie organiche. Essendosi già fatta la secrezione di tali gas e vapori, altro non manca che una scossa equabile e sottile, a segno di penetrare nei più piccioli pori, per poterli indi scacciare. E tale scossa equabile e sottile vien data alla superficie esterna dei vegetali e degli animali dalle vibrazioni della luce. Ma, se le vibrazioni appartenessero all'etere imponderabile, non potrebbero produrre simili effetti sui gas, sui vapori, ed in generale sui corpi ponderabili.

Dunque la luce non è fluido imponderabile, nè vibrazione di etere imponderabile: ma è lo stato vibratorio regolare di ciascheduna molecola ponderabile.

LIBRO TERZO

DELL' STATO DI ELETTRO-MAGNETISMO

§ 194 *Opinione sull' elettro-magnetismo — Si rigettano le due ipotesi più comunemente adottate — Divisione di questo Libro.*

Dopo essersi scoperto il modo di poter calamitare qualunque pezzo di ferro mercè le correnti elettriche, si è cessato di ammettere due distinti fluidi, l'elettrico ed il magnetico; ma i fenomeni, ch'eransi attribuiti all'uno ed all'altro, si sono spiegati mercè l'azione di un solo fluido, che da alcuni vien detto *elettro-magnetico*, da altri semplicemente *elettrico*.

Or l'opinione quasi generale dei Fisici si è quella, che l'elettricità sia un fluido imponderabile. Si sono appartati dalla comune opinione Oersted e Fusiñeri, i quali annunziarono l'idea, che la elettricità fosse una delle proprietà delle molecole pesanti destata per particolari processi. Eglino però non giunsero a far accettare dagli altri Fisici il loro parere, perocchè non ispiegarono i modi, con cui le molecole ponderabili potrebbero dare quegli effetti che produce l'elettro-magnetismo.

Nello stato attuale della scienza le due ipotesi dominanti sono quella di Franklin, e quella di Symmer. La prima considera l'elettricità come un particolare fluido imponderabile di unica natura; dice alcuni corpi averne in *eccesso*, altri in *difetto* perciò elettrizzati *positivamente* gli uni, *negativamente* gli altri. Secondo i Frankliniani il tutto sta a conoscere le naturali capacità rispettive dei corpi per la elettricità; imperocchè quelli, che ne hanno al di là della loro capacità naturale, sono elettrizzati positivamente, cioè per eccesso: quelli, che ne hanno al di sotto della loro capacità naturale, sono elettrizzati ne-

gativamente, cioè per difetto. I primi tendono a scaricarsi della elettricità in loro soverchiante, i secondi tendono ad acquistare l'elettricità in essi mancante. Quei corpi però, che hanno tanta elettricità, quanto è necessaria per saziare la loro capacità naturale, stanno senza presentare segni elettrici.—L'ipotesi di Symmer considera pure l'elettricità come un fluido particolare imponderabile, ma di due distinte nature: essa ammette due fluidi elettrici, che tendano a stare uniti nello stato ordinario: perciò, allorchè sono separati, fanno dei mutui sforzi per ricongiungersi. Chiama uno fluido *vitreo*, l'altro fluido *resinoso*. — Gli Italiani ed altri sieguono per lo più l'ipotesi di Franklin, i Francesi ed altri molti sieguono quella di Symmer.

Avendo io stabilito (§ 133, 134), che le sostanze, le quali operano effetti sui corpi ponderabili, debbono essere parimenti ponderabili, niego il mio assenso all'una e all'altra ipotesi; e perciò m'ingegnerò a dimostrare, non meno che ho fatto per lo calorico e per la luce, che gli effetti elettro-magnetici non si possono ascrivere nè ad una, nè a due sostanze fluide imponderabili. Contemporaneamente verrò rintracciando che cosa in vero sia l'elettricità, e dimostrerò ch'essa non è corpo, ma è uno stato particolare dei corpi: ricercherò quali sieno le condizioni necessarie per produrla, come cammini da un corpo ad un'altro, come vada manifestando i suoi vestigi, e quali effetti produca.

Il presente Libro sarà diviso in tre Sezioni. nella Prima tratterò delle varie origini dello elettro-magnetismo, nella Seconda del cammino dello elettro-magnetismo, nella Terza degli effetti dello elettro-magnetismo.

SEZIONE I.

DELLE VARIE ORIGINI DELLO ELETTRO-MAGNETISMO

§ 193 *Le origini, il cammino, gli effetti dello elettro-magnetismo mostrano i più aperti rapporti coi corpi ponderabili: perciò l'elettro-magnetismo non può essere un fluido imponderabile.*

Invocando la solita anzidetta massima fondamentale, che *tra ponderabili ed imponderabili (dato che questi esistessero) non potrebbe stabilirsi nessuna relazione, nessuna reciprocanza di azioni, nessun contatto*, si viene a determinare a priori, che l'elettricità non può essere fluido imponderabile nè di una sola, nè di due distinte nature. Conciosiachè, l'elettricità nasce per mezzi fisici, come per attrito, per compressione, per distaccamento, per contatto, per induzione, per diverso riscaldamento di due differenti metalli; nasce per mezzi chimici, come per decomposizioni e ricomposizioni molecolari, per evaporazione, per ebollizione; nasce per mezzi fisiologici, come per l'atto della nutrizione, per le secrezioni ec. La elettricità si dirige in correnti dritte, curve, flessuose, secondo i corpi sui quali passa: incontra ostacoli nel suo cammino, ed ora essa supera, ora è superata: si accresce, o si diminuisce, si dissimula, si estingue, in proporzione sempre alla speciale natura dei corpi i quali la ricevono. Finalmente gli effetti della elettricità sui corpi, ponderabili sono tanto grandi, tanto strepitosi, che si può dire non esservi agente più poderoso di questo. Le detonazioni e le infiammazioni sono suoi effetti: i corpi composti, che avevano resistito alla forza dei più energici reattivi chimici, sonosi decomposti mercè la scarica elettrica: mercè la medesima si son fatte le sintesi di sostanze elementari, che difficilmente avrebbero potute in altra guisa congiungersi: i

metalli, che divenivano appena incandescenti sotto alle più alte nostre temperature, posti tra i due roofori della pila, si sono non solamente fusi, ma benanco volatilizzati.

Vi possono essere rapporti più stretti tra l'elettricità ed i corpi ponderabili?

Laonde io non m'impegnerò a combattere di proposito le opinioni che ammettono o uno o due fluidi imponderabili: i Fisici sono ben persuasi, che si è dovuta ammettere una delle due ipotesi per coordinare e ridurre ad unità i fenomeni, i quali nel caso diverso sarebbero rimasti sparpagliati e indistinti. Una volta che si giungerà a dimostrare come sia possibile, che le molecole ponderabili sviluppino tutti i segni della elettrostatica e della elettrodinamica, la scienza non esiterà un momento ad abbracciare la nuova teoria, ed a ripudiare le ipotesi.

CAPO I.

CAGIONI E NATURA DELLO ELETTRICISMO

§ 196 *Punto dal quale io mi parto per determinare la vera natura dello elettro-magnetismo — Dei disequilibrii fra le superficie dei diversi sistemi molecolari venute a contatto, delle cause che li producono, della loro durata, e del modo in cui cessano.*

Una delle cose, che costantemente accompagna qualunque sviluppo di elettricità, si è la eterogeneità delle due sostanze, che prendono segni elettrici contrarii. Io mi son fermato a considerare con attenzione questa particolarità, e son venuto discorrendo nel seguente modo.

Quali sono gli effetti, che debbonsi sviluppare sulle superficie di due sostanze eterogenee, che sono in mutuo contatto? Primieramente si deve tra loro sviluppare uno stato di disequi-

librio; in secondo luogo una mutua resistenza a non mutaro il rispettivo loro stato; in terzo luogo per effetto composto dell'inevitabile loro contatto, del disequilibrio già nato, e della detta mutua resistenza, ne deve nascere una reciproca tendenza a comporre un terzo stato in cui possa cessare il rispettivo disequilibrio, formandosi un nuovo sistema di equilibrio che congiunga insieme i due contrarii (§ 37). — Bisogna un'altra volta richiamare alla memoria quella gran verità, che tutti gli elementi di questo mondo, tutte le molecole e gli aggregati che da essi risultano, stanno in mutuo continuo contatto, si sostengono, si fermano, si equilibrano, si appoggiano uno sull'altro a vicenda (§ 4, 7): Perciò, avuta la più piccola eterogeneità tra due molecole, tra due corpuscoli, tra due aggregati, subito si turba il loro mutuo equilibrio, e l'effetto del disequilibrio deve per necessità manifestarsi sulle superficie eterogenee che vengono a contatto.

Quest'ultima verità si comprende facilmente, laddove si rifletta, che il massimo del disequilibrio devesi per necessità manifestare in quel punto, in cui le molecole non hanno ancora un sistema di equilibrio. Quel punto corrisponde nel luogo di contatto delle due superficie eterogenee. E dura tanto il rispettivo loro disequilibrio, finchè le due sostanze diverse vengano a poco a poco a confondersi in una terza, che includendo l'una e l'altra, possa come anello di conciliazione concatenare i due sistemi diversi in un sistema intermedio.

Essendo impossibile, che la eterogeneità si estingua del tutto tra le molecole di questo universo, anzi essendo preta necessità che la più parte delle molecole sieno eterogenee (§ 7), non è mai possibile, che tutte le differenze dei primi sistemi moleculari si eguagliino in unico e perfetto equilibrio generale. Perlocchè i diversi sistemi, venuti in contatto, andranno a poco a poco a ripianare ed eguagliare le loro differenze massime, e tanto tempo dureranno (come dissi innanzi) nel rispettivo stato di disequilibrio superficiale, quanto è necessario per stabilirsi tra loro quel terzo sistema, che componga insieme i due contrarii.

Avviene perciò che l'intero universo presenta nello stato di quiete una scala continuata di aumenti e decrescenti di equilibrio, incominciando dalle masse più compatte e più dense, sino a quelle più dilatate e più rarefatte. — E nello stato di moto, siccome si rompono i sistemi compositi di equilibrio tra le sostanze che erano in contatto; siccome vengono tra di loro a toccarsi corpi di sistema diverso; siccome il passeggio dell'uno sull'altro ora è rapido, ora è lento; siccome in una parola vi ha un miscuglio di varietà tanto continuo, quanto continua il movimento; perciò l'universo in questo caso presenta di superficie in superficie lo stato di disequilibrio, la diversità, la disuguaglianza di sistemi. Le quali diversità e disuguaglianze vanno a poco a poco a rifondersi in altri nuovi sistemi di equilibrio, appena che il movimento incominci a rallentarsi, o venga a ristabilirsi la quiete.

Ma intorno a questo bisogna fare delle nuove considerazioni. Se le sostanze eterogenee, che vengono in contatto, sono rispettivamente composte di tali molecole, che per loro propria disposizione inclinate sieno a fondersi, ricongiungersi e riammolecolarsi (§ 15, 16), allora il cessamento del mutuo disequilibrio avviene più presto; perocchè tra di loro si forma più presto la composizione de' due contrarii. All'opposto, se le due sostanze, che vengono in contatto, sono costituite di tali molecole, che per loro intima disposizione resistano al chimismo, e non possono mutuamente congiungersi, allora lo stato di disequilibrio tra le due superficie eterogenee in contatto durar dee lungo tempo; e comincerà a cedere, quando si stabilirà una qualunque specie di composizione tra i due diversi sistemi molecolari.

§ 197 *Come il disequilibrio si propaghi dalle superficie eterogenee venute a contatto negli strati sottostanti — Effetti di tal disequilibrio — Resistenza e tensione delle molecole.*

Io già dissi (§ 37), che il disequilibrio, nato sulle superfi-

cie di due aggregati eterogenei venuti a contatto, deve propagarsi con proporzione sempre decrescente negli strati sottostanti; imperciocchè, come le molecole, che stanno sul primo strato superficiale, incominciano a risentire l'azione perturbatrice dell'altra superficie eterogenea con cui sono in disequilibrio, tosto le molecole dello strato sottostante cominciano a partecipare dello stesso disequilibrio; il quale siegue a propagarsi negli strati inferiori, ma con proporzione sempre decrescente, perchè la forza di resistenza del sistema di equilibrio già esistente si oppone alla forza perturbatrice: e sebbene essa forza perturbatrice, applicata sulla superficie, genera un massimo disequilibrio, pure negli strati sottoposti rimane a poco a poco vinta dalla forza di resistenza, che le contrasta il passo di strato in istrato.

Or, quali effetti produce in verità il sopradetto disequilibrio tra le due superficie eterogenee che sono in contatto?— L'effetto più immediato si è il seguente. Le molecole poste in ciascuna delle dette due superficie prendono un'attitudine a fuggire e a sottrarsi da quello stato di disequilibrio; ma nello stesso tempo essendo riunite tra di loro in unico strato, ed essendo anche riunite colle molecole degli strati sottoposti per virtù di sistema, non possono realmente fuggire e sottrarsi dal detto disequilibrio. Perlocchè esiste in esse una doppia contraria tendenza, una che aspira a rimuoverle dallo stato in cui sono, l'altra che aspira a fermarle. La quale doppia contraria tendenza dura, finchè non si ricompona il novello sistema che riunisca i duo contrarii. — Questa doppia contraria tendenza si propaga coll'anzidetta proporzione decrescente negli strati di sotto, e costringe le molecole a stare nell'alternativa di staccarsi o di rimanere unite, finchè si ricomponga il nuovo sistema di equilibrio.

Il passaggio dalla quiete piena al movimento non si effettua istantaneamente e quasi per salto, ma pria che si rompa del tutto la forza di unione che regna tra due corpi, vi ha una gradazione sempre crescente di disequilibrio, la quale può

essere resistita sino ad un punto: e da quel punto in poi si spiega il movimento assoluto. Ora tutti i gradi di disequilibrio, che avvengono progressivamente tra due superficie eterogenee le quali si toccano, sono resistiti sino ad un determinato punto, e da quello in poi gli effetti del mutuo disequilibrio scoppiano con un manifesto movimento di molecole, dall'una o dall'altra parte, o da tutte due insieme.

Questo stato di mutuo disequilibrio, che precede il movimento, veramente può chiamarsi uno stato di *tensione*; conciosiachè le molecole si trovano tra due forze contrarie, tra due contrarii stati, senza ancora essere equilibrate nè coll'uno nè coll'altro; e perciò *tendono* all' uno e all' altro insieme, o veramente *tendono* alla riconciliazione, alla unione dei due contrarii.

Ognuna delle molecole, trovandosi nel sudetto stato di tensione, esercita sopra le sue convicine una forza eguale allo stato di disequilibrio in cui essa è; e quelle alla loro volta esercitano sopra di essa una forza di reazione, e la costringono a rimanere in sistema fra di loro. Perlocchè, trovandosi ogni molecola tra queste due forze, ne risulta un doppio effetto: da una parte ne risulta un sistema di fermezza, poichè le molecole con tutta la propria rispettiva tensione rimangono tra loro unite; e dall'altra parte ne risulta una totalità, una somma di tensioni, le quali stan congiunte tra di loro, ma son capaci di produrre unitamente degli effetti sensibili sopra altri corpi che ad esse si avvicinano.

§ 198 *Che cosa è l' elettricità? — Elettricità che nasce dal semplice contatto di due sostanze eterogenee — Poche parole su coloro che negano ciò — Elettricità per attrito e sue ragioni.*

Se mal non mi avveggo, io son venuto a stabilire la vera natura della elettricità; imperciocchè, partitomi da quel punto costante, che in ogni manifestazione elettrica vi ha mutua

eterogeneità di sostanze (§ 196), son venuto mano mano sviluppando tutti gli effetti necessarii che conseguivano da tale eterogeneità; e tutti questi effetti sono punto per punto quei medesimi che ci presenta la manifestazione elettrica. — Ne farò il confronto a poco a poco.

Il semplice contatto di due sostanze eterogenee basta a manifestare la elettricità. Ma con una differenza: se le due sostanze eterogenee per intima loro disposizione inclinate sieno a fondersi e congiungersi tra di loro, allora l'elettricità tra esse dura brevissimo tempo, dura tanto, finchè si congiungono; ma quando le due sostanze eterogenee non sono per sè stesse disposte a riunirsi chimicamente, come particolarmente sono due metalli di natura eterogenea, zinco e rame, rame e argento, oro e platino ec. allora la elettricità dura tra esse un tempo molto più lungo.

In questi ultimi tempi si è sostenuta da Delarive, Wollaston, Pouillet e molti Francesi la opinione contraria all'insegnamento di Volta; poichè si è detto, che qualunque specie di elettricità debba esser prodotta da una chimica scomposizione; e parlando più in ispecie delle pile voltiane, si è sostenuto, che non si sviluppa mai elettricità per lo semplice contatto di due metalli eterogenei, se uno di essi non venga ad ossidarsi. — Io non istarò qui a ripetere tutte l'esperienze in contrario, che si sono fatte da molti illustri Italiani ed Inglesi, principalmente dal Zamboni, dal Davy, dal Marianini, certo essendo che una macchina elettrica sviluppa elettricità anche dentro un'ambiente di gas idrogeno, dove l'amalgama sparso sui cuscinetti non può affatto ossidarsi; certo essendo che le pile a secco del detto Zamboni presentano poca o nessuna operazione chimica, e ciò non ostante mantengono la tensione elettrica per anni lunghissimi; certo essendo che nel vuoto pneumatico, come osservò Pfaff e quindi il Marianini, rame e zinco a contatto si elettrizzano, non ostante che l'aria della campana fosse sommamente diradata, e disseccata da ogni vapore colla potassa caustica; certo essendo finalmente

che la tensione elettrica delle pile non cresce in proporzione dei liquori più ossidanti che vi si mettono, ed al contrario la tensione diminuisce in proporzione che si levano dal mutuo contatto le piastre metalliche. — Tornerò più sotto a ragionare su questo argomento.

Lo strofinio, la compressione, il subitaneo distaccamento di due cristalli sono tutte cagioni di manifestazione elettrica; perocchè in tutti questi casi vi ha non solamente il contatto di sostanze eterogenee, ma vi ha dippiù un'azione mutua tra superficie e superficie. Qualunque attrito, qualunque confricazione di corpo a corpo produce, come in altro luogo ho detto (§ 48), una continua unione e separazione di molecole, produce una specie di distrazione, ed anche una successiva avulsione delle medesime. Perciò è impossibile che tra superficie e superficie si rimetta l'equilibrio rispettivo. Tra due corpi di natura diversa, che si premono a vicenda, ogni molecola di momento in momento entra in un disequilibrio sempre novello, ora in un disequilibrio colle molecole del proprio corpo, perocchè le molecole dell'altro la tirano a sè comprimendola o distraendola; ed ora in un disequilibrio colle molecole di quest'altro corpo che la distrae, perocchè le molecole del corpo proprio tendono a mantenerla nell'antico suo stato: e così il disequilibrio si va accrescendo di continuo. — La compressione, la battitura, il subitaneo distaccamento operano presso a poco effetti consimili, ma in proporzioni più deboli. Dapoichè, una forza, che comprime più dell'ordinario, trasmuta lo stato di equilibrio, che esisteva sulla superficie del corpo allora non compresso. E quando un corpo si distacca a viva forza da un altro, vi ha pure la rottura del mutuo equilibrio tra i due strati che prima aderivano. Oltre di che vi ha pure il contatto di una sostanza eterogenea, come a dire, dell'aria la quale s'introduce tra le due facce distaccate. — Ma, siccome la compressione non può arrivare che ad un punto, e siccome il subitaneo distaccamento è l'opera di un solo istante, perciò l'elettricità, che si sviluppano in entrambi i sudetti casi, non sono lungamente durevoli.

§ 199 *Del termo-elettricismo e sue ragioni — Si prova che il termo-elettricismo nasce dalla ineguale dilatazione delle molecole sottoposte al raggio calorifico.*

Un'altra sorgente di elettricità è il diverso riscaldamento di due differenti corpi. Questa dicesi sorgente *termo-elettrica*. Essendo disuguali le capacità dei corpi per lo calorico, ne viene che, ministrato un grado di calorico ad un punto, dove si congiungono due corpi aventi diversa capacità per lo stesso calorico, non possono entrambi dilatare egualmente la interna densità delle loro molecole (§ 75). Da ciò una continua sorgente di disequilibrio rispettivo.

Prendo in esempio la pila di antimonio e di bismuto adoperata dal Melloni per la costruzione del suo termo-moltiplicatore. Poichè un raggio di calorico andrà a cadere sulla saldatura dei due metalli, ne verrà che l'uno e l'altro dilateranno la loro rispettiva densità molecolare in proporzione delle capacità ch'essi hanno per lo calorico; e siccome la capacità del primo sta a quella del secondo :: 0,05077 : 0,03084, perciò, mentre il primo si dilaterà di 5 gradi, il secondo si dilaterà di 3 gradi incirca. E colla continuazione del calorico si avrà una differenza quasi costante nella dilatazione molecolare di questi due metalli. Così essendo, nel punto della saldatura vi sarà un disequilibrio continuo tra le rispettive molecole le quali si toccano, e per la influenza continua del calorico non possono tra loro equilibrarsi giammai. Perciò le molecole rispettive dei due metalli staranno in una continua tensione, e si avrà in esse una sorgente continua di disequilibrio molecolare, che propriamente corrisponde ad una sorgente continua di elettricità.

Se fosse vero quanto io dico, sull'asta di antimonio e sull'asta di bismuto si dovrebbero avere elettricità non di grado eguale, ma proporzionale alla disuguale dilatazione che soffrono le molecole rispettive dei due metalli; e siccome essi

soffrono la dilatazione calorifica in proporzione della capacità che hanno per la medesima, perciò i gradi rispettivi della intensità elettrica dovrebbero corrispondere ai numeri della loro rispettiva capacità per lo calorico. Ciò si può vedere facilmente esponendo ad un raggio di calorico due aste, una di antimonio e l'altra di bismuto, saldate tra loro ad angolo retto, e poscia presentando al galvanometro or l'uno or l'altro capo libero delle due aste. Sull'asta di antimonio si ritrova minor vigoria elettrica, e maggiore sull'asta di bismuto. — Però non è regola necessaria, che maggiore elettricità si deve sempre ritrovare sul corpo che ha minor capacità per lo calorico; mentre può darsi bene, che per induzione di altra corrente elettrica venga a turbarsi lo stato puro e genuino di elettricità, che si avviluppa nella saldatura sotto l'azione del calorico.

Becquerel ha dimostrato con sue esperienze sopra un circuito di filo di platino, che quando sopra un punto della lunghezza del circuito si trovi qualunque ostacolo capace di rallentare la propagazione del calorico, ed il filo si riscaldi poco lungi da quel punto, ne nasce tosto una corrente, la quale si dirige verso l'ostacolo, e percorre secondo quella direzione tutto il circuito. Ecco sensibilmente confermata la teoria, che *la corrente termo-elettrica è figlia esclusiva del disequilibrio, il quale si produce tra le molecole, quando la forza motrice non può percorrerle tutte ugualmente*, come avviene quando la dilatazione calorifica non può uniformemente propagarsi sopra un circuito.

Un'altra conferma di questa medesima teoria si ha sulla turmalina, la quale sviluppa i poli elettrici sotto ad una elevazione uniforme di temperatura, e raffreddandosi regolarmente, perde i suoi poli, per mostrarli nuovamente, ma scambiati di luogo. Lo stesso si osserva, secondo l'esperienza di Pianciani sui cristalli di zucchero. La dilatazione ed il restringimento calorifico fanno cambiar direzione ai due contrarii disequilibrii molecolari, e perciò le due elettricità si cambiano

di luogo a vicenda. Chi può negare che il riscaldamento ed il raffreddamento operino sulle molecole ponderabili, alterando il loro rispettivo stato?

§ 200 *Il disequilibrio molecolare costituisce una gran forza, benchè non sempre si manifesti con segni di moto—L'elettricità consiste essenzialmente nel disequilibrio molecolare—Principali proprietà del disequilibrio molecolare, che confrontano colle principali proprietà dello elettricismo.*

In tutti i tre casi di contatto semplice, di attrito, e di termo-elettricismo, dei quali finora ho parlato, che altro vi ha fuorchè un disequilibrio molecolare; cagione poi di uno stato di tensione in tutto il sistema delle molecole?

Ora il disequilibrio, come ho detto avanti (§ 197), precede qualunque specie di movimento che va ad effettuarsi; anzi il disequilibrio molecolare giunge sino ad un determinato punto, e vien tuttavia resistito, senza che si presenti ancora il movimento. Appenachè le molecole incominciano a disequilibrarsi tra di loro, non si ha fra di esse il movimento, perocchè la forza totale della massa le trattiene tuttavia unite. Ciò non ostante, la tensione in esse va crescendo in proporzione del mutuo disequilibrio; e benchè non appaja con segni manifesti di moto, pure essa non è meno vera, nè meno energica. È un inganno il nostro, che siamo avvezzi a supporre l'esistenza delle forze, dove vediamo manifestazione di moto, quasichè nello stato di apparente quiete non esistano in esercizio delle forze poderose, quasichè la tensione non sia pure una forza massima, la quale agisce sotto il velo della quiete. Un corpo, che sta fermo sulla superficie del nostro globo, risente la forza immensa di attrazione del pianeta, e soggiace nella sua taciturna quiete a tutto il peso della gravitazione universale.

Siegua da ciò, che il disequilibrio molecolare è ancor esso una gran forza, benchè non giunga a manifestarsi con segni

di movimento. Esso è capace di propagarsi da un corpo ad un altro, è capace di accrescersi smisuratamente, sino al punto di dovere irrompere in grandi movimenti. E poichè in tutte le tre anzidette sorgenti di elettricità null'altro si scorge, fuorchè un vero ed effettivo disequilibrio delle molecole nelle superficie che vengono a contatto, perciò mi credo autorizzato a poter piantare la teorica seguente, che verrà poi di passo in passo confermata nel corso intero di questo Libro.

La elettricità non è fluido imponderabile, ma è un particolare stato delle molecole dei corpi ponderabili.

La elettricità consiste essenzialmente nello stato di disequilibrio molecolare, dal suo grado minimo sino al grado massimo.

Il maggiore disequilibrio stà sulle superficie eterogenee in contatto, e non sugli strati sottostanti (§ 197); ed infatti la maggior copia dell'elettricità scorre sulle superficie.

Il disequilibrio molecolare dura più lungo tempo tra quei corpi eterogenei, che sono men disposti a combinarsi tra loro chimicamente; ed infatti la tensione elettrica si conserva più lungamente, come ha dimostrato il Marianini, sui metalli eterogenei posti in contatto, che che ne sia della maggiore o minor deferenza che abbiano i liquidi tra essi interposti.

Il disequilibrio molecolare tende a comporre una terza specie di equilibrio intermedio (§ 196); ed infatti, semprechè sieno in contatto sostanze di natura eterogenea, che si possano a poco a poco combinar tra loro chimicamente, cotale combinazione chimica si effettua in realtà; e come si va effettuando del tutto, così vien cessando la tensione elettrica. Quando uno dei due metalli si è abbastanza ossidato, la pila cessa dal manifestare i segni elettrici.

§ 201 *Elettricità sviluppata per chimismo, — per combustione, — per ebollizione ed evaporazione — Ragioni rispettive.*

E qui prendo occasione per trattare dell'altra sorgente di elettricità, cioè del chimismo. — Chi non vede manifestamente

nelle operazioni chimiche il mutuo disequilibrio delle molecole? Dovendosi sciogliere e ricomporre i gruppi elementari, dovendosi fondere alcune molecole ed altre dovendo rinascere, il sistema di equilibrio, che esisteva in ciascun gruppo individualmente, deve sciogliersi: e perciò disequilibrio degli stessi elementi primitivi. Tutti gli altri gruppi, che su quel gruppo si appoggiavano, che equilibravansi e sostenevansi con esso, vengono parimenti a scrollarsi: e perciò disequilibrio tra gruppo e gruppo, tra molecola e molecola. Parimenti, mentre altre molecole si van ricostituendo, le loro densità o si dilargano o si restringono; laonde ne vengono dei precipitati più densi, ed in antagonismo ne vengono altre molecole men dense, che si volatilizzano sotto la forma di gas: e perciò disequilibrio in tutte le molecole, nelle une in un senso, nelle altre in un altro. Qual meraviglia, se da qualunque operazione chimica si ritraggano torrenti di elettricità, mentre non vi ha chimismo, che non si effettui con una vera rivoluzione di tutte le molecole?

La combustione è causa di svolgimento di elettricità, come ha osservato Pouillet. Nella combustione del carbone l'acido carbonico si elettrizza positivamente, ed il carbone negativamente. Nella combustione dell'idrogeno, questo si elettrizza negativamente, e l'ossigeno si elettrizza positivamente. Nelle soluzioni acide l'acqua diviene positiva, e la rimanente soluzione diviene negativa. Nelle soluzioni alcaline l'acqua ha elettricità negativa, e l'alcali positiva. Parimenti si hanno le due elettricità contrarie, quando gli acidi operano sopra i metalli. Ed in generale il detto Pouillet ha stabilito la seguente proposizione: *Ogni volta che l'ossigeno si combina con un altro corpo, vi ha sempre manifestazione di elettricità; l'ossigeno dando sempre elettricità positiva, e l'altro corpo elettricità negativa.*

La ebollizione e la evaporazione sviluppano la elettricità per ragioni affatto analoghe, e la prima più della seconda. Imperocchè il disequilibrio delle molecole che si effettua nello

stato di ebollizione è sensibilmente manifesto. Oltre di che, vi ha un continuo attrito tra le molecole del liquido bollente, che corrono da un punto all'altro, e le pareti delle caldaje che le contengono. Armstrong ha saputo raccogliere abbondantissima elettricità dalle caldaje delle macchine a vapore. — Nella evaporazione, succedendo un continuo innalzamento dello strato superficiale del liquido, vi ha un contatto sempre nuovo tra le falde del liquido, che si rinnovano parimenti. Inoltre nella evaporazione vi ha un movimento continuo di su in giù e viceversa, delle falde che si raffreddano sulla superficie evaporante, e di quelle che risalgono a rimpiazzarle. In conseguenza è bastevole il solo atto della evaporazione, contro quello che sostiene Pouillet, per isviluppare la elettricità. Non vi ha dubbio che, quando alla evaporazione, si congiunge il chimismo, come altresì, quando il detto chimismo si congiunge alla ebollizione, la intensità elettrica divenga maggiore; conciossiachè in tali casi si uniscono insieme due copiose sorgenti di elettricità, e gli effetti che ne risultano debbono altrettanto essere più grandi. Ma senza il chimismo è bastevole l'atto della ebollizione o l'atto della evaporazione, come altresì è bastevole qualunque causa che metta in mutuo disequilibrio le molecole, per manifestare segni evidenti di elettricità.

§ 202 *Intensità del disequilibrio elettrico — Elettricità delle correnti — Il maggior disequilibrio elettrico attacca di una in una le singole molecole, com'è quello che vien prodotto da cagion chimica.*

Ora è naturale il comprendere, che la intensità di una sorgente elettrica dev'essere proporzionale alla quantità del disequilibrio che vien prodotto tra le molecole. Quanto più disequilibrate esse sono, tanto più tendono a ristabilire una qualunque specie di equilibrio; e perciò tanto maggiore ne riesce la forza di tensione. Ma in quanto a ciò fa d'uopo avvertire,

che il maggior disequilibrio tra le molecole non viene sempre generato dai movimenti tempestosi e rapidi delle medesime: qualche volta senza verun movimento apparente le molecole si trovano in un grado di disequilibrio massimo, e la loro forza di tensione scoppierebbe colla deflagrazione più viva, se loro se ne presentasse la circostanza. La celebre batteria, che si è fatta ultimamente costruire in Londra, stà quieta nelle apparenze, ma essa potrebbe fulminare ben mille persone, se queste facessero una catena, e stabilissero un circuito tra le due elettricità contrario.

Allo volte le molecole condotte da una forza motrice energica e rapida si equilibrano fra di loro, e costituiscono una specie di equilibrio mobile: nel quale caso tra le molecole che si muovono non vi ha nessuno disequilibrio, e per conseguenza non vi ha nessuna elettricità. Ciò non ostante, la corrente delle molecole, che si muove, striscia necessariamente sopra altro corpo, il quale rispetto ad essa stà fermo. Tra la corrente e questo corpo si stabilisce un attrito, il quale è cagione di disequilibrio molecolare nelle due superficie eterogenee, cioè nella superficie della corrente, e nella superficie del corpo che stà fermo: perciò ambedue le superficie si caricano di elettricità. L'aria fortemente spinta dal vento, una cascata di acqua, un piroscifo che solchi velocemente le onde, lasciano e ricevono a vicenda elettricità sui corpi nei quali strisciano.

Però la maggior sorgente di elettricità dev' essere quella, che attacca e disequilibra una per una le singole molecole. Le masse grandi movendosi spiegano la totalità della loro influenza sopra altre masse egualmente grandi: e tutte le molecole rispettive prendono, è vero, dei grandiosi movimenti, ma movimenti uniformi, conservando ognora il loro mutuo equilibrio. Perlocchè in cotali casi il disequilibrio molecolare stà per lo più sulle sole superficie delle grandi masse, e non si addentra profondamente nel loro interno. — Il chimismo veramente ha la forza di attaccare una per una le singole mo-

lecole, perocchè le obbliga individualmente a sciogliersi ed a ricomporsi. Questa è la ragione per cui il chimismo è sorgente la più vigorosa di elettricità; e quanto più si scuotono le sostanze assoggettite all'operazione chimica, tanto più si sviluppa il disequilibrio tra le molecole, tantosto costrette a disciogliersi, tantosto a riammolecolarsi.

§ 203 *La sorgente elettrica dura; finchè non cessi il disequilibrio molecolare — Quali sieno le sorgenti elettriche di maggior durata.*

La durata però di una sorgente elettrica non è in ragione della sua vigoria. La elettricità poderosissima, che vien somministrata dall'azione chimica, cessa subito che finisce il chimismo: e questo non può durare gran tempo, perocchè, o più composte o men composte, le molecole debbono finalmente acchetarsi, debbono costituire tra di loro tanti sistemi di equilibrio intermedio. Una corrente idro-elettrica non ha la stessa durata della corrente che produce una pila a secco; imperocchè, quanto più presto i metalli si ossidano per mezzo dei liquori che vi sono interposti, tanto più presto cessano di manifestare segni di elettricità. Per lo contrario, quanto più due superficie si mantengono eterogenee ed in mutuo contatto, tanto più dura fra di loro il disequilibrio molecolare, tanto più dura la sorgente elettrica. La ossidazione dei metalli impiegati nelle pile costituisce propriamente quel sistema intermedio di equilibrio, che congiunge in unità di molecola il metallo, e l'ossigeno del liquore eterogeneo che vi è in contatto. Perciò, quanto più presto si compie la ossidazione, tanto più presto si toglie il disequilibrio molecolare, e s'interdice la sorgente elettrica.

Appareisce ora più chiara la ragione, per cui nelle pile idro-elettriche si ha una più gran copia di segni elettrici, e si ha una corrente più manifesta; mentre in ogni altra specie di contatto secco tra corpi eterogenei vi hanno piccoli segni di

302 LIBRO III, SEZIONE I, CAPO II.

elettricità e correnti assai deboli. Ciò indusse il detto Delarive e molti altri illustri Fisici moderni in quella opinione che io innanzi esposi (§ 198), che la elettricità fosse unicamente figlia dell'azione chimica. Ed apparisce altresì non meno chiara la ragione per la quale la tensione elettrica delle pile a secco, benchè più deboli di quelle idro-elettriche, conservasi inalterata per lungo spazio di anni: infatti le pile del Zamboni si conservavano col medesimo primitivo vigore, dopo 24 anni ch'erano state fatte.

Conchiudo dunque, che quanto maggiore è la intensità di una sorgente elettrica, tanto è più probabile che essa cesserà presto; e quanto la intensità è minore, (purchè la sorgente elettrica sia prodotta da sostanze che non intendono a combinarsi chimicamente) tanto è più probabile che durerà a lungo. E in ciò vi ha un' evidente conferma de' principii da me esposti sulle cagioni della intensità (§ 202), e della durata del disequilibrio molecolare.

CAPO II.

DELL'ELETTRICITA' CONTRARIE, E DELLE IPOTESI ESCOGITE PER SPIEGARLE.

§ 204 *Elettricità contrarie — Disequilibrii contrariamente diretti e loro ragioni — Antagonismo fra loro — Il disequilibrio delle molecole è di natura diversa dal disequilibrio delle masse.*

Bisogna ora entrare in un'altra particolare considerazione, in quella dei segni manifestamento contrarii che danno l'elettricità positiva e negativa, vitrea e resinosa, quando sono raccolte sopra due condensatori diversi. Le ipotesi di Franklin e di Symmer nacquero per lo appunto dalla considerazione della contrarietà dei segni, che presentano le due anzidette elettricità.

Poichè un sistema di molecole si è disequilibrato relativamente ad un'altro, necessità è, che le due tensioni dell'uno e dell' altro sistema procedano in senso opposto. Se tutte due le tensioni procedessero nel medesimo senso, non esisterebbe disequilibrio, ma perfetta concordanza ed armonia. Dato che un sistema di molecole si diriga per un verso, ed un' altro che gli sta in contatto si diriga per quel medesimo verso, quale opposizione può mai esistere tra di loro? qual disequilibrio? Ambidue i sistemi si uniformeranno nelle tendenze, combaceranno nella direzione, ed ancorchè dovranno muoversi, andranno insieme per la stessa linea.

Così non accade, quando le due tensioni sono contrariamente dirette; dappoichè le molecole di un corpo si diriggon per un lato, e quelle dell'altro si diriggon per un altro lato contrario. Allora vi ha veramente una lotta ed una resistenza tra le due tensioni opposte; imperocchè le molecole di un corpo, tendendo ad attaccare e a trasportare con sè le molecole dell'altro, mettono quelle in disequilibrio colle altre molecole con cui sono unite: e queste alla loro volta, tendendo a rimanere attaccate nello stato in cui sono, mettono quelle stesse molecole in disequilibrio, rispetto a quel corpo che vuole strascinarle con sè. Laonde sorge il conflitto delle due forze contrarie, che si manifesta in due contrarie tensioni, producenti uno stato di vero disequilibrio nel punto, in cui si toccano e si limitano reciprocamente.

Devesi inoltre aggiungere l'antagonismo, necessario in tutte le azioni delle molecole. Imperocchè, siccome tutto l'universo è una sola massa per lo continuo necessario contatto di tutte le sostanze semplici fra di loro (§ 9), siccome il contatto mutuo di tutti gli elementi porta il vicendevole equilibrio e l'appoggiamento necessario delle molecole une sull'altre, perciò è impossibile, che un sistema di molecole prenda una tensione verso un punto, se non lo faccia a spese di altri sistemi molecolari, che debbono prendere in antagonismo la tensione contraria (§ 18). In tal caso avviene quello stesso, che

snecede nelle dilatazioni calorifiche, le quali producono restringimento in antagonismo (§ 68). Propriamente l'antagonismo vien generato dallo equilibrio già esistente nelle masse, il quale resiste sino ad un punto a qualunque cangiamento che voglia in esso farsi. La resistenza e l'inerzia null' altro sono che questo stesso antagonismo, perocchè consistono nella opposizione, che presenta il sistema di equilibrio già esistente a non ricevere qualunque cangiamento che in esso voglia farsi (§ 17, 19).

Il sistema molecolare è assai più sensibile, se è lecito così esprimermi, di qualunque altro sistema di masse o di aggregati. Ogni specie di cangiamento, che venga a prodursi sopra un sistema di molecole, tosto genera un cangiamento in tutte le altre molecole che con esso si equilibrano. Val quanto dire, se la forza perturbatrice passa da un sistema di molecole ad un altro, e vince la resistenza che esse oppongono, allora il cangiamento che ne risulta è di una sola natura. Ma a poco a poco la forza perturbatrice perde il suo vigore, e la resistenza si rialza contro di essa con maggiore energia. Perlocchè un antagonismo sorge necessariamente in qualunque azione molecolare.

Quando si tratta di aggregati o di grandi masse, non è così. Se queste si muovono, non è necessario che si muovano altre masse in antagonismo; perocchè una massa non si equilibra solamente con poche altre masse, ma per lo suo stesso maggior volume, e per lo suo maggior peso, trova ragione di equilibrio e di quiete per ogni dove. Per conseguenza nei movimenti di una massa si effettuano quei soli disturbi di equilibrio, di cui non si può affatto prescindere.

Noi, avvezzi a riguardare le forze più grossolane di questo universo, non ci siamo tantosto accorti della gran legge di antagonismo che domina tutte le azioni molecolari della natura, perocchè una tal legge non ci si rivela nelle masse, di cui vediamo i movimenti.

§ 203 *Elettricità primitiva ed elettricità di antagonismo — Denominazioni usate nella scienza di elettricità positiva e negativa — Si rigettano.*

Ecco ora divenuta semplicissima la ragione, per la quale l'elettricità si presenta costantemente divisa in due classi di opposta natura. È legge necessaria del disequilibrio molecolare che, come un sistema di molecole volge la sua tensione verso un lato, così l'altro sistema di molecole spieghi la sua tensione verso il lato opposto. Però l'una e l'altra tensione alle volte non sono ugualmente primitive: spesso una è primitiva, l'altra è secondaria; una nasce originariamente dal disequilibrio delle molecole, l'altra nasce per antagonismo, poichè il disequilibrio già effettuato ne va a produrre un altro in controsenso (§ 204) — Alle volte sono amendue primitive, poichè due diversi sistemi di azioni molecolari, toccandosi ed operando contemporaneamente uno sull'altro, vengono a disequilibrarsi a vicenda. Nulladimeno, in quest'ultimo caso una delle due forze prevale sull'altra; perciò una rappresenta la tensione originaria, e l'altra rappresenta la tensione acquisita, la tensione in antagonismo,

Oggigiorno abbiamo comunissime nella scienza le due denominazioni di elettricità *positiva*, e di elettricità *negativa*. Tanto i Frankliniani, quanto i Symmeriani son divenuti a servirsi di questi termini, benchè gli uni intendano una cosa, gli altri un'altra. Per distinguere la elettricità positiva dalla negativa si ebbero sempre per termini di confronto la elettricità che si produce sul vetro stropicciato, e quella che si produce sulle resine stropicciate parimenti. Ad arbitrio, per quanto io mi sappia, fu dato il nome di *positiva* all'elettricità del vetro, che Symmer disse benanche *vitrea*, ed il nome di *negativa* a quella delle resine, che dallo stesso fu detta *resinosa*. Ora si hanno pure per termini di confronto la elettricità data dall'ossigeno, e quella del corpo basico nelle

loro combinazioni chimiche : è stata detta positiva la elettricità dell'ossigeno, e negativa quella della base.

Ma a dir vero, sarebbe necessario abbandonare questi due termini, i quali, quantunque pajano non significar niente, accennano sempre ad una idea ipotetica, ad una *sopraabbondanza* e ad un *mancomento* di elettricità. Inoltre pare che i termini sieno male adoperati, perchè dovrebbero piuttosto dire positiva la negativa, e viceversa. Mi estenderò un poco su questa materia.

§ 206 *Elettricità originaria ed elettricità antagonistica* — La prima corrisponde alla elettricità negativa, e la seconda alla positiva—I corpi che più fatigano si elettrizzano negativamente, o di elettricità originaria; e quelli che non fatigano si elettrizzano positivamente, o di elettricità antagonistica — Esempii di tutte specie.

A me sembrano le vere denominazioni da doversi adoperare esser quelle di elettricità *originaria* ed elettricità *antagonistica*; imperciocchè la prima sempre si tira dietro la seconda. Per distinguere poi qual sia l'originaria, e quale l'antagonistica, vi ha un mezzo facile, nascente dalla teoria stessa che innanzi ho esposto (§ 204). L'antagonismo è l'effetto della resistenza, l'effetto della inerzia, che oppone il sistema di equilibrio già esistente, per non subire il cambiamento che in esso vuol farsi: laonde la forza di antagonismo è una forza di conservazione, forza quieta e pacifica: essa non oppone altro che il suo medesimo equilibrio. Perciò la elettricità antagonistica si deve trovare su quei corpi i quali resistono ai cambiamenti molecolari, in quelli che si conservano nel loro stato, e soffrono i minori disturbi apparenti. Per lo contrario la elettricità originaria è quella da cui proviene di tutta origine il disequilibrio molecolare, essa è la cagione del disturbo primitivo, e in certo modo è la cagione dell'antagonismo che poi le vien dietro. Perciò la elettricità originaria

si dee con maggiore facilità ritrovare sui corpi, che non conservano il proprio stato, su quelli che soffrono veri ed effettivi cangiamenti di molecole.

Discorrendo la cosa con questa sorta di segni, bisognerebbe chiamare elettricità originaria quella che finora è stata detta elettricità negativa, ed elettricità antagonistica quella che è stata appellata positiva. Infatti è noto, che quanto più si eleva la temperatura di un corpo, tanto più esso acquista la tendenza per la elettricità negativa. Bergmann e Beccaria hanno osservato, che di due corpi omogenei a differente temperatura stropicciati insieme, il più caldo prende sempre elettricità negativa. Pianciani ha fatto strisciare in tutta la sua lunghezza un nastro di seta sopra una data parte di un altro simil nastro, ed ha veduto, che quello diviene positivo, mentre la parte dell'altro diviene negativa. Una stoffa di seta nera stropicciata con un'altra di seta bianca diviene negativa, mentre l'altra si fa positiva: parimenti si fa negativo un tessuto di lana, e positivo un tessuto di seta, quando sono stropicciati insieme. Ed in generale Volta e Coulomb si sono convinti, che i corpi più scabri diventano negativi, ed i corpi più lisci diventano positivi, quando sono stropicciati insieme. Ed anche più in generale, i corpi, che più fatigano nello stropicciamento, si elettrizzano negativamente, e quelli, che fatigano meno, positivamente. Le molecole dei corpi più riscaldati, per la dilatazione che in esse è, si trovano più lontane dal loro stato naturale di equilibrio, a differenza dei corpi freddi o meno riscaldati, che sono meno lontani dal loro stato naturale.

Dopo che furono scoperte da Seebeck le correnti termoelettriche, i Fisici si posero a studiare a due a due i diversi metalli per vedere, quale di essi prendesse la elettricità positiva, quale la negativa. Se si riguardano le Tavole da essi date, si scorge che tra i due metalli, quello che è disposto meglio a ricevere la dilatazione calorifica si elettrizza negativamente, e l'altro positivamente.

Nella ossidazione dei metalli sono appunto questi, e non l'ossigeno, che soffrono la maggiore alterazione; e perciò l'ossigeno prende la elettricità positiva, ed il metallo la negativa. Ma se si fan cadere degli ossidi o dei solfuri metallici sopra i loro rispettivi metalli, i primi, come corpi più composti, soffrono più dei secondi; e perciò i primi si elettrizzano negativamente, ed i secondi positivamente, siccome ha osservato Becquerel.

Da tutti questi fatti si conferma, che l'elettricità negativa appartiene ai corpi che soffrono maggior fatica, e che si conservano meno nel loro stato naturale; mentre al contrario, la elettricità positiva spetta a quelli che resistono meglio all'attrito, a quelli che si conservano più costantemente. Perciò non mi pare male applicato il nome di elettricità antagonistica a quella che finora è stata detta negativa.

§ 207 *Perchè un corpo sia capace or dell'una or dell'altra elettricità contraria—Perchè sieno due, e non più l'elettricità contrarie—Perchè tendano a congiungersi mutuamente.*

Siccome però la resistenza, che oppone un corpo ad un altro, è proporzionata al loro rispettivo sistema di equilibrio, perciò è possibile che un corpo, il quale resiste ad uno, non possa resistere ad un altro. Dal che conseguita, che ciascun corpo non ha una elettricità fissa e permanente, ma come in un caso la fa da resistitore ed in un altro da movente, così in un caso ha l'elettricità antagonistica, ed in un altro la elettricità originaria. Ciò dipende interamente dalla natura speciale dei due corpi che vengono in contatto. Il vetro liscio strofinato con una pelle di gatto con pelo si elettrizza negativamente, strofinato con una stoffa di lana si elettrizza positivamente. L'oro saldato collo zinco ed esposto al raggio calorifico si elettrizza negativamente; saldato col rame ed esposto al medesimo raggio si elettrizza positivamente.

Due e non più sono l'elettricità di cui possiamo avere cognizione, perchè son due e non più gli stati di disequilibrio molecolare che possono avvenire nei corpi; mentre l'uno si dirige in un senso, l'altro per antagonismo si dirige in un altro. È impossibile che esista un disequilibrio molecolare senza il suo antagonismo, e perciò non esiste mai elettricità che non sia vicinamente o lontanamente accompagnata da un'altra. Finalmente poi qualunque disequilibrio molecolare, sia originario, sia nato per antagonismo, altro non è che un vero cangiamento di stato nell'equilibrio naturale delle molecole: perciò i due stati elettrici nel fondo si assomigliano tutti due fra di loro, e si riportano all'unica categoria della elettricità. Le loro differenze sono effetti semplicemente della contraria direzione delle due tensioni; ma, se per poco una delle due direzioni contrarie si rovesci, e si metta d'accordo coll'altra direzione, allora gli effetti riescono analoghi e le differenze dispariscono.

È una conseguenza necessaria de' principii esposti, che le due elettricità contrarie debbano avere tutta la tendenza a congiungersi e ad estinguersi reciprocamente. Perocchè, siccome esse sono due stati di tensione contrariamente diretti (§ 20^a), vānnosi, per così dire, all'incontro uno coll'altro. Affinchè si ristabilisca l'equilibrio in un sistema di molecole già disequilibrato verso una direzione, null'altro bisogna, se non che una spinta in senso contrario: e tosto esso ritorna all'equilibrio suo naturale.

Affinchè un corpo possa da sè ripigliare il proprio posto ed il proprio stato, fa d'uopo che possa vincere nella sua reazione quei corpi, che son venuti ad occupare il suo posto. Di modo che non si può mai manifestare l'elatero, se il corpo elastico non trovi spontaneamente aperto il posto, e non se l'apra egli stesso a viva forza. Quanto non sono elastici i gas? Eppure, se vengon rinchiusi e compressi dentro un tubo solido e resistente, non possono in nessuna guisa spiegare la la loro elasticità. Ora, appena si produce disequilibrio in un

sistema di molecole, sia quanta pur si voglia la tensione per ripigliare lo stato proprio, è impossibile che lo ripiglino in realtà da sè sole, se la forza disequilibrante continua tuttavia ad operare nel medesimo senso. Ma, quando viene in loro soccorso un'altra tensione di antagonismo, e quando le due tensioni contrarie giungono a toccarsi e ad agire una sull'altra, allora è mestieri che l'equilibrio si ristabilisca, non ostante qualunque ragione in contrario.

§ 208 *Perchè un'elettricità repella l'elettricità della sua stessa specie—Imbarazzo dei Symmeriani nello spiegare ciò—Si confuta pure l'opinione dei Frankliniani, che credono spiegarlo bene colla loro ipotesi.*

Con egual chiarezza s'intende, perchè una elettricità debba repellere tutte l'elettricità del suo stesso nome. Formatosi il disequilibrio nelle molecole di una superficie, si deve trovare un ostacolo sempre più crescente ad aggiungervi altro disequilibrio diretto nel medesimo senso. Colla stessa ragione, con cui esso inclina a congiungersi alla tensione di natura contraria per ristabilire l'equilibrio, colla medesima dev'essere avverso alla tensione di sua stessa natura. I seguaci della ipotesi di Symmer si trovano veramente imbarazzati a spiegare, perchè ognuno dei due fluidi imponderabili, che essi ammettono, deve aver ripugnanza a congiungersi col fluido del suo stesso nome, e grande appetito per unirsi col fluido di nome contrario.

Nè per questo articolo si trovan meglio i seguaci della ipotesi di Franklin, benchè essi credano diversamente. Imperciocchè, la elettricità negativa secondo loro è una elettricità difettosa, una elettricità che non giunge a saziare la naturale capacità del corpo in cui è. Perciò, quando essi veggono aumentarsi i segni dell'elettricità negativa, dicono che tuttavia viene a farsi un'altra sottrazione di elettricità dal corpo il quale già ne scarseggia; e per tal ragione esso opponesi a questa sottrazione novella.

Tralascio però di dire, che in questa ipotesi s'incontrano tutte quelle stesse difficoltà che s'incorrono dai sostenitori della sostanza calorico, quando vogliono spiegare, come mai i diversi corpi abbiano per lo calorico diversa capacità (§ 70 e seg.). Infatti i sostenitori della ipotesi frankliniana son costretti dire, che i corpi hanno sino a un punto un'affinità, una tendenza verso l'elettricismo: sopra di quel punto sviluppano segni di sovrabbondanza: sotto di quel punto segni di scarsezza e di difetto. — Ma come mai le molecole ponderabili possono avere affinità per le imponderabili? Perchè la elettricità non dà segno veruno, quando un corpo ne contiene la giusta misura? Forse perchè essa si combina colle molecole ponderabili, e rende latente la sua azione? Potrei ripetere tutto quello ch'io dissi contro siffatte ipotesi, confutando la occultazione o la combinazione della sostanza calorico nelle molecole ponderabili (§ 71, 72).

Tralasciando dunque tutto ciò, oppongo ai Frankliniani un solo fatto — Se fosse vero che la mancanza della elettricità si opponesse nei corpi negativi alla ulteriore sottrazione dell'elettricità medesima, ne dovrebbe seguire che, avvicinati per forza due corpi negativamente elettrizzati, dovrebbero o l'uno o l'altro perdere in una gran parte lo stato negativo, perchè quello, di cui la capacità è maggiore per l'elettricismo, dovrebbe rubare l'elettricismo all'altro che ha minor capacità. Questo vediamo nelle operazioni chimiche: tra due corpi aventi affinità per un terzo, quello che ha l'affinità maggiore vince e spoglia il suo rivale, nè gli ne lascia veruna porzione, se prima esso non satura pienamente la sua capacità. Ora noi osserviamo, che due corpi negativamente elettrizzati si repellono pur sempre; ed allorchè sono per forza avvicinati tra di loro, (avuta tutta la cautela per non farli comunicare con nessun'altro corpo) restano ognora elettrizzati in quella stessa guisa in cui erano prima. Se fosse vera la ipotesi dei Frankliniani, non dovrebbe il corpo, il quale ha maggiore capacità per l'elettricismo, saziarsi pienamente a spese

dell'altro che ha affinità minore? O per lo meno non dovrebbero tutti due, in proporzione della rispettiva capacità, dividersi l'elettricismo in essi esistente? Diranno forse i Frankliniani, che tutti i corpi dell'universo abbiano eguale capacità per l'elettricismo? Ma ciò non possono dire, se vogliono sostenere la loro stessa ipotesi, perchè altrimenti non potrebbe un corpo togliere elettricità ad un altro, non potrebbe uno caricarsi più di un altro.

§ 209 *Difficoltà contro amendue le ipotesi, la frankliniana, e la symmeriana.*

Nè queste sole sono le difficoltà contro le due ipotesi fin oggi adottate per sostenere la esistenza della sostanza elettrica.

Come spiegano i Frankliniani, che un attrito, una compressione, uno slocamento di molecole, un'operazione chimica, un contatto di due corpi a diversa temperatura, un contatto di due soli corpi eterogenei, debbano tutte esser cagioni per cui l'elettricità di un corpo passi a sovrabbondare in un altro, lasciando uno nella povertà e l'altro nell'eccesso della ricchezza, non ostanti gli sforzi di tutti due, di uno per non farsi privare del necessario, e dell'altro per non accettare l'inutile eccesso?

Come spiegano i Symmeriani, che tutte le anzidette azioni debbano esser cause per cui i due fluidi, già naturalmente affratellati ed intimamente congiunti, debbano disciogliersi e separarsi, non ostanti gli sforzi mutui a non rompere la loro unione?

Se domandate agli uni e agli altri la vera ragione per cui si manifestano i segni della elettricità, non vi rispondono, che ciò è ignoto? Io lo so: quando una ipotesi non basta più a legittimare sè stessa, si suol ricorrere al velo misterioso della ignoranza; e si crede operare con senno, poichè la scienza (si suol dire), ha taluni fatti primitivi, di cui non può assegnare, non deve chiedere la ragione.

Ma non è così. Alcuni fatti sono veramente primitivi, e per noi non ancora spiegabili: sarebbe davvero imprudenza volerli scientemente o ignorantemente spiegare. Ma, quando tali fatti si oppongono direttamente alle ipotesi che pretendono spiegarli, allora lungi dal dovere in ultimo ricorrere alla ignoranza della spiegazione, converrebbe meglio rescare le ipotesi nelle loro stesse radici!

§ 210 *Le due elettricità contrarie non possono essere nè uno nè due fluidi imponderabili. Si prova — Più non abbiám bisogno delle ipotesi, avendo già la teoria che le due elettricità contrarie consistano nei due contrarii disequilibrii delle molecole.*

Sia uno, siano due i fluidi imponderabili di cui sia costituita l'elettricità, certo è che l'attrito, la compressione, l'operazione chimica, l'ineguale dilatazione calorifica, sono tutte azioni vere e reali di molecole ponderabili, e perciò non possono agire in verun modo nè sopra uno, nè sopra due fluidi imponderabili (§ 134).

Inoltre, se si riflette un poco più a fondo, tutte le sopradette azioni molecolari non operano affatto in un modo da poter dividere sostanza da sostanza, da trasportare a forza un fluido di un luogo ad un altro. Esse sono tutte azioni confuse, intermiste: un corpo opera dentro un altro corpo, molecole in mezzo a molecole. Come mai la separazione dei due fluidi riesce così precisa? Come mai l'elettricità di un corpo si trasporta forzosamente in un altro? Allorchè due corpi caricati di elettricità diversa vengono a contatto, anco in un sol punto, si scaricano velocemente a vicenda, e ritornano tosto allo stato naturale. E che? quando due corpi vengono atropicciati insieme, non sono ambidue in contatto? non si uniscono in molti punti a vicenda? perchè dunque le due elettricità debbono separarsi, o non unirsi? perchè un corpo si deve caricare dippiù, e l'altro di meno? perchè i punti di

contatto debbono servire a dividere e a distaccare, e non debbono servire secondo il naturale loro ufficio ad *ascomunare* vicpiù e a congiungere l'elettricità rispettivo? Forse, perchè sotto l'attrito i punti rispettivi dei due corpi stan brevemente in contatto, perciò la elettricità dell'uno non ha tempo a comunicarsi nell'altro? Ma il più breve ed il più istantaneo contatto di un punto con un'altro è bastevole per dis caricarsi tutta la elettricità dei due corpi.

Finalmente bisogna non perder di vista tutte le riflessioni da me fatte (§ 198, 201) intorno ai veri effetti che producono l'attrito, la compressione, l'azione chimica ec. sopra i sistemi molecolari. Il punto in cui si unificano tutti gli effetti dello sopradette azioni si è quello solamente di mettere in disequilibrio i vari sistemi delle molecole, e principalmente di sviluppare il disequilibrio sulle superficie eterogenee che vengono a contatto. Indi il disequilibrio originario porta con sè il disequilibrio di antagonismo, ed è necessità ineluttabile che uno tenda verso l'altro per ristabilire insieme l'equilibrio (§ 206, 207); come altresì è necessità ineluttabile, che ognuno dei due disequilibrii sia esplicitamente nemico del disequilibrio di sua stessa natura (§ 208). Essendo questo le proprietà precise dell'elettricità, pare che noi ci troviamo in possesso della teoria, e non abbiamo più alcun bisogno delle false ipotesi, che sono fino ad ora servite solamente per sostenere un'altra ipotesi più falsa, quella della esistenza di un fluido elettrico imponderabile.

CAPO III.

DEI COIBENTI, DEI SEMICOIBENTI, DELLA ELETTRICITA'
INDOTTA, E DELLA ELETTRICITA' DISSIMULATA.

§ 211 *Della elettricità per infusso e per induzione — Essa è un'elettricità antagonistica — Ma è sempre un'elettricità positiva? — Obbiezione — Si risolve.*

Essendo necessità, che il disequilibrio avvenuto in un sistema di molecole ne produca un altro per antagonismo, ne siegue che l'elettricità antagonistica è generata per *induzione*, o come si suol dire per *infusso*, per *influenza*.

E come nella Elettrostatica vi sono elettrizzamenti stabili prodotti per infusso, così ancora nella Elettrodinamica vi sono correnti elettriche prodotte per induzione da altre correnti.

Intanto la elettricità antagonistica, per quanto io dissi (§ 206), deve corrispondere a quella elettricità che noi chiamiamo positiva; e se fosse vero, che la elettricità indotta corrispondesse all'antagonistica, dovrebbe sempre essere positiva. — Ma ciò non sempre è vero, perchè tanto nella Elettrostatica, quanto nella Elettrodinamica, la elettricità indotta è a vicenda or positiva or negativa, in controsenso della elettricità induttrice.

Questa apparente difficoltà svanisce, se si riflette, che quando si sviluppa lo stato elettrico, cioè il primo disequilibrio delle molecole, vi succede immediatamente un'antagonismo primario, il quale è un altro disequilibrio diretto in controsenso. Questo produce parimenti un'antagonismo secondario nelle molecole a lui vicine; e così questo secondo antagonismo ne produce un terzo; finchè a grado a grado la forza del disequilibrio va discemando, ed ogni antagonismo si estingue.

316 LIBRO III, SEZIONE I, CAPO III.

Ora nella nascita di qualunque elettricità vi ha sempre un sistema di molecole che soffre più dell'altro, vi ha un primo disequilibrio prodotto per viva forza originaria, ed un secondo disequilibrio che nasce dalla forza conservatrice, dalla inerzia, dalla resistenza ed antagonismo. Il primo disequilibrio dissì avanti (§ 206) doversi chiamare elettricità originaria, e corrispondere a quella che diciamo negativa; il secondo disequilibrio dissì doversi chiamare elettricità antagonistica, e corrispondere a quella che appelliamo positiva. Se dunque l'antagonismo primario è una elettricità positiva, quell'antagonismo secondario che gli vien dietro, e ch'è di lui effetto, dev'essere una elettricità contraria, cioè una elettricità negativa, simile alla originaria. — Bisogna dunque esaminare in primo luogo, in qual corpo risegga la detta elettricità originaria, e poscia bisogna guardare le diverse elettricità indotte: quella dell'antagonismo primario è sempre positiva, negativa quella dell'antagonismo secondario, e così alternativamente.

§ 212 *Dei coibenti e dei semicoibenti — Come i semicoibenti influiscano nello sviluppo dell'elettricità antagonistiche.*

Però non sarebbero possibili tutti questi alternamenti di elettricità contrarie, se in natura non esistessero alcuni corpi coibenti o semicoibenti, tali cioè che potessero impedire o in tutto o in parte di riunirsi le due elettricità contrarie, e di ristabilire l'equilibrio. Imperocchè, come potrebbero mai sussistere due elettricità contrarie, tante volte una a fianco dell'altra, senza congiungersi immediatamente? Io comprendo bene, che mentre un'attrito, una compressione, o qualunque altra forza disturbatrice agisce vigorosamente disequilibrando un sistema di molecole, mentre, io dico, perdura quell'azione disturbatrice, devono perdurare i segni di elettricità originaria, e quelli di elettricità antagonistica in corrispondenza. Ma, cessata la causa elettrizzatrice, dovrebbero tosto le due elettricità venire a concordia da sè medesime, dovrebbero il di-

sequilibrio originario e l'antagonistico cospirare tutti due insieme per la mutua riunione o per lo ristabilimento dell'equilibrio.— L'esperienza però ci dimostra il contrario; poichè alcune lamine cariche di una elettricità, essendo bene isolate e dentro un'aria fredda e secca, conservano quell'elettricismo per lunghi giorni.

Inoltre l'arte è arrivata a formare delle giare o bocce elettriche, nelle quali le due elettricità contrarie si dissimulano, e pur tuttavla si conservano intatte e tra di loro divise per moltissimo tempo. Meritano dunque una particolare attenzione i corpi coibenti e semicoibenti, la cui mercè le due elettricità contrarie si conservano divise lungamente, e giungono a dissimularsi.

Alcuni corpi conducono benissimo l'elettricità, come sono particolarmente i metalli, e su di ciò parlerò nella Sezione seguente. Altri corpi sono totalmente coibenti, cioè resistono a non caricarsi di nessuna tensione elettrica. Altri finalmente sono semicoibenti, cioè impediscono il rapido passaggio totale della elettricità, ma non impediscono il lento e parziale passaggio della medesima. Tra i corpi più coibenti si conta il vetro; esso però ridotto in lastre si lascia traversare da una corrente elettrica, purchè sia assai vigorosa; ma il buco, che questa si apre, è sempre picciolissimo. Le resine, e più particolarmente la gomma lacca, si contano tra i semicoibenti.

Se si riguarda bene la natura dei semicoibenti, si veggono composti di tali sostanze elementari, che non possono di leggieri disequilibrarsi. Di ciò tratterò ancora nella Sezione seguente.

In conseguenza, allorchè in una parte si è destato un disequilibrio molecolare, ed immediatamente vi è vicino un corpo semicoibente, non può il disequilibrio ivi formato passare nel suo vicino. Però, se dall'altra parte del semicoibente sia collocato un'altro corpo, le cui molecole possano convenientemente disequilibrarsi, necessità vuole che quell'antagonismo, il quale non si può generare sul detto corpo semicoibente, si

effettui su quel corpo che gli sta appresso. La ragione di ciò è semplice. Il corpo semicoibente non ha la disposizione per elettrizzarsi in antagonismo, perocchè le sue molecole non si lasciano totalmente disequilibrare: ma nello stesso tempo esso soffrono il disequilibrio sino ad un punto; e perciò servono a generare nei corpi susseguenti altro disequilibrio in antagonismo.

I corpi semicoibenti son quelli che non prestano tutto quello antagonismo che dovrebbero prestare; perciò, quando capita un corpo di questi in mezzo a due altri che sono ben disposti a ricevere lo stato elettrico, non può soddisfare convenientemente nè all'uno nè all'altro, dato il caso ch'essi entrino in uno scambievole elettricismo.

Supponiamo, che uno dei due sia elettrizzato originariamente con quella elettricità che diciamo negativa: il semicoibente intermedio incomincia a disequilibrarsi, ma non può giungere a tanto, quanto sarebbe necessario per fare una carica elettrica positiva in compenso della carica negativa già esistente. Frattanto il disequilibrio, in cui il semicoibente è entrato, produce effetti nel corpo che sta dall'altra parte: quello si elettrizza pure; e come ben disposto a ricevere il disequilibrio nelle sue molecole, si carica di un'antagonismo competente.

Ecco intanto la serie dei risultamenti che ne avvengono. Il corpo carico di elettricità originaria produce elettricità antagonistica primaria, ma troppo debole, sulla superficie del semicoibente che gli è in contatto. L'altra superficie del semicoibente per secondo antagonismo si troverà carica di una terza elettricità antagonistica, simile alla originaria (§ 211), ma sempre elettricità debole, per la stessa ragione che le molecole del semicoibente non possono gran fatto disequilibrarsi. L'altro corpo, che sta dall'altra parte del detto semicoibente, si carica di una quarta elettricità in antagonismo di questa terza, simile perciò alla seconda, ed opposta alla prima. E siccome abbiám supposto, che quest' altro corpo

sia idoneo ad elettrizzarsi quanto convenga, in esso perciò viene a cadere tutta la forza di antagonismo della prima sorgente.

§ 213 *Il semicoibente, a differenza del coibente, serve a mantenere impegnate in continuo antagonismo le due elettricità contrarie, senza che si possano congiungere — Allora accade la dissimulazione di amendue l'elettricità.*

L'ufficio del semicoibente intermedio si è d'impedire all'uno ed all'altro corpo l'accomunamento totale dello loro contrarie elettricità. Inoltre è suo ufficio mantenere impegnato in un reciproco antagonismo le due elettricità sudette.

Se, invece di essere semicoibente, egli fosse del tutto coibente, non potrebbe tenere impegnato l'antagonismo tra i due corpi collocati ai suoi due fianchi. Il corpo carico di elettricità originaria si porterebbe, rispetto al corpo coibente, come indifferente affatto: il detto corpo coibente non presterebbe l'antagonismo primario, e perciò non potrebbe far nascere il conseguente antagonismo sul corpo posto dall'altra parte. Perciò è veramente necessaria una virtù semicoibente per fare che le due elettricità contrarie mantengansi impegnato in continuo antagonismo, senza potersi congiungere.

In tal caso le due elettricità contrarie pajono *dissimularsi*. Val quanto dire, ognuna delle due non mostra più nessuna repulsione colla elettricità del suo stesso nome. Perciò, mediante il semicoibente si arriva a condensare moltissima elettricità positiva da una parte, e negativa dall'altra. Nello stato naturale un corpo riceve sulla sua superficie sino ad un punto determinato la elettricità di una specie: egli poi incomincia a repellere qualunque altra accumulazione di elettricità della stessa specie. La virtù del semicoibente fa sì, che questa repulsione cessi, e perciò si sovraccarica sulla sola superficie di un corpo moltissima elettricità della medesima specie.

Questo è poco. La elettricità si copiosamente accumulata

sopra di una superficie non dà scossa, non dà scintillia, non esiegue le consuete attrazioni e repulsioni : in una parola , si comporta come se affatto non esistesse. Per tal ragione i Fisici l'han chiamato *elettricità dissimulata*. Sembra che essa si sia talmente impegnata colla elettricità contraria, da cui è divisa mercè il semicoibente, che qualunque altra cosa le accada dalla parte posteriore, non ne mostra risentimento, nè mostra pure di avvertirla. Non altrimenti che due nemici afferratissi da faccia a faccia, i quali non guardano più alle loro spalle, che che avvenga sopra di loro.

§ 214 *Si confutano le spiegazioni della dissimulazione elettrica date dai Frankliniani e dai Symmeriani — Se ne assegna la spiegazione vera — La dissimulazione elettrica ha un limite.*

La ragione di tal dissimulazione difficilmente può essere spiegata dai Frankliniani; perocchè non è verosimile, che un corpo difettoso di elettricità e tanto sollecito di non farsene togliere dell'altra, solo perchè abbia a vista un altro corpo (sopraaccarico, è vero, di elettricità, ma che in punto non può dargliene per causa del semicoibente) debba perdere la cura di sè stesso, ed il consueto zelo per non farsi tuttavia rubare dell'altra elettricità.

I Symmeriani si credono più felici nella spiegazione di questo fatto; perocchè i due fluidi nemici, esercitando tutta tra di loro la reciproca tensione a traverso del corpo semicoibente (il quale l'impedisce, è vero, di unirsi, ma non l'impedisce di attirarsi mutuamente con tutta la loro forza) non hanno più verun'altra tensione per esercitarla contro di altri corpi : e perciò sembrano dissimularsi. — Ma il punto principale, che debbono prima spiegare i Symmeriani, si è questo : come mai il semicoibente permette, che si esercitino per lo suo mezzo le due tensioni contrarie, ed intanto non permette che si riuniscano ? Pertanto le due elettricità con-

trarie sono sì cogriva a congiungersi, perchè una ha la tensione verso dell'altra; ed appena le due tensioni si toccano in un sol punto, lo due elettricità si equilibrano pienamente, o, secondo il linguaggio dei Symmeriani, i due fluidi si ricongiungono. Perciò, nella loro ipotesi dovrebbero esistere corpi deferenti, e corpi coibenti senz'altra via di mezzo: i semicoibenti non dovrebbero affatto esistere; perchè *ipso facto* che le due tensioni agiscono totalmente una sull'altra, i due fluidi debbono essere uno in contatto dell'altro, e nessuna ragione può ritenerli dal non congiungersi.

Tralascio di dire, che se le due elettricità contrarie fossero due fluidi imponderabili, non potrebbero ricevere nessun'ostacolo nel loro cammino dalle molecole dei corpi ponderabili, qualunque sia la loro natura (§ 131).

Se due corpi tendono con tutta la loro forza a congiungersi, ed intermedio ad essi sta un altro corpo, le due rispettive forze agiscono e si toccano in quel corpo intermedio: esso però oppone un materiale ostacolo al congiungimento effettivo di quei corpi, e nell'atto che serve di mezzo per l'esercizio di una forza sull'altra, fa un'ufficio contrario, ch'è quello di tenere separati i corpi da cui le due forze provengono.

Or questo non può accadere, quando si tratta dei due fluidi imponderabili. La tensione, che essi spiegano uno contro l'altro, deve esercitarsi mediante le molecole ponderabili del corpo semicoibente, o mediante le molecole elettriche imponderabili che nello stesso semicoibente si annidano. Nel primo caso si avrebbe una tensione esercitata promiscuamente mercè le molecole imponderabili e le ponderabili; dippiù si avrebbe un vero ostacolo dalla parte del ponderabili contro la riunione degl'imponderabili: cose tutte ripugnanti (§ 131, 134). Nel secondo caso si avrebbe la riunione di due tensioni elettriche sopra una fila di molecole elettriche imponderabili, e perciò dovrebbero a tutti modi congiungersi.

Non so come non si sia pensato di ammettere nei semicoibenti un terzo fluido elettrico neutro, che serva a tenere sempre impegnati, e sempre disgiunti i due nemici l

Ma io ho fatto vedere (§ 212), che le ragioni della coibenza e della semicoibenza consistono nella totale indisposizione o nella indisposizione parziale a ricevere il disequilibrio molecolare. Perlocchè nei corpi semicoibenti la elettricità originaria produce non tutto il competente disequilibrio antagonistico, ma ne produce soltanto una parte; e da ciò nasce, che le due elettricità non si compensano a vicenda, e restano in vigore gli antagonismi susseguenti dall'altra parte del corpo semicoibente.

Ora è chiaro, che in una tal posizione di cose la elettricità originaria non resta totalmente non compensata, ma è in parte compensata, in parte no. Sotto questo riguardo essa diminuisce di tensione, ma non la perde del tutto. Perciò non ha più tutta la forza repulsiva dalla parte posteriore contro la elettricità del suo medesimo nome. Sappiamo però, che essa non perde del tutto questa forza repulsiva: infatti le bocce di Leida possono caricarsi sino ad un punto, ma da quello in poi resistono ad ogni altra carica. Perciò, a dir la verità, su quelle bocce ed in tutte le giare elettriche non si dissimula totalmente la elettricità, ma si dissimula sino ad un certo segno: cioè sino a quel segno, che trova compenso antagonistico sul corpo coibente. Quanto più questo corpo è disposto al disequilibrio molecolare, tanto meglio corrisponde all'antagonismo competente, e perciò tanto più l'elettricità si dissimula; al contrario, quanto meno è disposto al disequilibrio molecolare, tanto meno si presta all'antagonismo, e la elettricità tanto meno si dissimula.

§ 215 *Si spiega la scarica della elettricità dissimulata — Quanto è più vigorosa, e quando è meno — Si propongono esperimenti.*

Allorchè tra le due elettricità, che stanno dall'una e dall'altra parte del semicoibente, venga a stabilirsi un circuito con un corpo buon conduttore, si effettua una scarica propor-

zicata alla quantità di elettricismo che si era condensato dall'una e dall'altra parte. Quindi sembra, che la elettricità originaria non sia stata effettivamente compensata neppure in parte, ma che sia rimasta esistente nello stato di dissimulazione, per aspettare il momento in cui potesse tutta quanta un'altra volta ricomparire. — Eppure non è così, e per convincercene basta un solo esperimento. Mentre le due elettricità contrarie si trovano mutuamente impegnate, ed un semicoibente di gomma lacca si trova intermedio, facciansi cadere i raggi concentrati di una lente sopra la gomma lacca: tosto si farà per causa della liquefazione un picciol buco nella medesima. Le due elettricità contrarie per quel picciolo buco (il cui orifizio rammollito serve meglio a condurre la elettricità) si riuniscono tostamente: intanto non si sente il consueto scoppio, nè si vede quella grande scintilla con cui soglionsi scaricare le bocce elottriche. Bisogna conchiudere, che le due elettricità contrarie, accumulate sull'una e sull'altra parte del semicoibente, non erano in realtà molto forti, come lo ho stabilito avanti (§ 212).

Tutt'altra particolarità vi concorre dunque a rendere vigorosa la scarica, quando dall'una all'altra parte del semicoibente si stabilisce un circuito conduttore. In tale occasione le due elettricità contrarie invertono la direzione della loro rispettiva tensione: imperocchè, mentre prima tendevano a riunirsi da fronte a fronte per lo mezzo del semicoibente, postosi poi il circuito, volgono la rispettiva loro tensione dalla parte posteriore, e vanno per quella nuova via a ricongiungersi. Ora; ogni qualvolta una tensione elettrica cangia direzione, necessità è che essa si accresca, perchè il disequilibrio delle molecole, ch'era volto per un verso, deve repente volgersi per lo verso opposto. Per conseguenza succede in tal caso una inversione di disequilibrio, la quale costa alle molecole uno sforzo molto maggiore di quello che sarebbe ad esse costato, se avessero dovuto passare dallo stato di equilibrio naturale a quello di disequilibrio verso un solo lato.

L'esperienza viene in soccorso della teoria: perchè, quante volte le correnti dirette in un senso si fan voltare al senso opposto, acquistano molto maggior vigore ed energia. Per vedere ciò bisogna avere una corrente semplice, senza altra corrente indotta, poichè in caso diverso, operando una corrente sopra l'altra, ed inverlendosl amendue, si diminuirebbero il vigore a vicenda.

Inoltre, quando si stabilisce il circuito tra l'una e l'altra parte del semicoibente, vi si deve considerare il nuovo disequilibrio molecolare; che si produce sullo stesso circuito: e questa è un'altra tensione dippiù, la quale si unisce a rafforzare la scarica. Se si vuole osservare ciò, si devono costruire due batterie distinte: in una i pomi di tutte le giare elettriche debbonsi ravvicinar tanto tra di loro, che con piccol cerchio metallico bene isolato possano tutti esser toccati ed essere scaricati; in un'altra le giare elettriche si debbono collocare a sufficiente distanza, di modo che sia necessario uno eccitatore a molte e lunghe braccia per potere contemporaneamente toccare e scaricare i pomi di tutte le giare. Dato adunque che il numero e la forma delle giare sia eguale in amendue le batterie, dato pure che amendue si sieno caricate in egual tempo di una stessa quantità di elettricismo, la scarica della prima batteria sarà più debole della seconda. In ciò si vede chiaro influire la estensione dell'eccitatore, molto piccola nella prima batteria, e molto grande nella seconda.

CAPO IV.

DELLE CALAMITE NATURALI ED ARTIFICIALI, E DEI
MODI DI SPIEGARLE.§ 216 *Teoria di Ampère sulla identità totale del magnetismo
coll'elettricità — Opinione contraria e sue ragioni.*

Mi resta ora a trattare del magnetismo.

Tra il magnetismo e la plettricità non si sospettava mai una identità totale, finchè Oersted nel 1820 scoperse l'azione delle correnti elettriche sulle calamite, e Schweiger si servì di queste azioni per la costruzione del suo galvanometro. Indi si ritrovò il mezzo di calamitare gli aghi colle correnti elettriche spirali; si formarono i selenoidi; si scoversero le azioni vicendevoli delle calamite e delle correnti: da quel punto in poi si è venuto a sospettare la identità totale dell'una e dell'altra cosa.

Ampère ha dato una spiegazione delle calamite naturali ed artificiali supponendo, che tante correnti elettriche si trovino circolanti intorno alle sezioni orizzontali della calamita, ovvero intorno a ciascuna particella della medesima. Ed in conferma lo stesso Ampère osservava, che le dette correnti tendono a respingersi, allorchè circolano nello stesso verso; tendono a cangiar mutuamente le loro direzioni, allorchè sono nello stesso piano, e per contrario si rinforzano a vicenda, quando sono in piani paralleli, ed i loro centri in una retta normale a questi piani. Quasi tutti i fenomeni magnetici si spiegano per mezzo delle correnti circolanti intorno alla superficie della calamita. Ma, perocchè tutti i pezzi di cui si rompe una calamita, diventano anch'essi altrettante calamite complete, alcuni inclinano a ritenere come vera la circolazione delle correnti elet-

triche non già nella superficie, ma in ciascuna particella del corpo magnetico.

Molti altri pur tuttavia ritengono differenti il fluido elettrico ed il fluido magnetico, ponendo però che uno può agire sull'altro, non altrimenti che si vede il calorico agire ed influire particolarmente sugli effetti elettrici e sui magnetici. La ragion principale, per cui tuttora essi dubitano di acconsentire alla teorica di Ampère, si è la seguente: le calamite comunicano la loro virtù magnetica temporaneamente o permanentemente ai corpi che si mettono con esse in contatto; ciò nulla ostante esse non perdono punto della loro intensità e vigoria: al contrario, qualunque corpo elettrico; ed anche gli elettromotori voltiani, comunicando ad altro corpo la loro elettricità, perdono almeno per lo momento la loro carica, e fa d'uopo di qualche tempo, anche brevissimo, per ristorarsi della perdita. — Inoltre, qualunque calamita può frangersi, come dissi or ora, in tanti pezzi, ed ognuno rimane una calamita completa con ambidue i poli nord e sud. Or si sa, che in ogni calamita havvi una linea equatoriale, su cui non si sperimenta nessuno effetto magnetico; e da quella al polo nord tutti gli effetti magnetici sono analoghi, cioè respingono sempre qualunque altro polo nord, ed attraggono qualunque polo sud; così ancora dalla linea equatoriale sino al polo sud tutti gli effetti sono analoghi, cioè respingono qualunque altro polo sud, ed attraggono qualunque polo nord. Supposto dunque, che una calamita si spezzi nello intervallo dal polo nord all'equatore, come avviene, dicono i Fisici di cui parliamo, che nel pezzo rotto si trovino non solamente gli effetti del polo nord che esso solea produrre, ma benanche quelli del polo sud che in esso non erano affatto? E come altresì avviene, che quello stesso pezzo rotto di calamita abbia pure il suo equatore, in cui gli effetti magnetici non sono sensibili?

§ 217 *Come si spieghi nella teoria di Ampère, che un pezzo del polo di una calamita rotto in pezzi produca tante calamite, aventi ambidue i poli e l'equatore — Come si spieghi nella teoria de' contrarii, che le calamite si possano formar e mercè l'elettricità — Si rifiuta l'opinione di costoro.*

I sostenitori della teoria di Ampère non trovano da poter rispondere con sufficienza alla prima difficoltà, ma rispondono convenientemente alla seconda dicendo, che tutte le correnti circolanti intorno a ognuna delle particelle della calamita ingenerano al loro fianco altrettante correnti per induzione, le quali si diriggon per lo verso contrario. Dall'azione mutua delle due correnti nasce un conflitto, nel quale non possono restar vinte nè le correnti indotte, nè le induttrici, imperocchè esse sono eguali. Laonde avviene che si dividano il campo, da un polo sino all'equatore prevalendo le correnti di una specie, dall'equatore sino all'altro polo prevalendo le correnti all'altra specie. L'equatore segna la linea in cui non prevale nessuna delle due correnti; perciò gli effetti magnetici si rendono meno sensibili, quanto più si va dal polo all'equatore, e viceversa. Posto dunque che una calamita si spezzi in qualunque parte, le correnti indotte e le induttrici, che si trovano sempre una a fianco dell'altra, si dividono quel pezzo che loro è rimasto, prevalendo da una parte le correnti di una specie, dall'altra le correnti dell'altra specie: e per la medesima ragione tra amendue le parti si stabilisce una nuova linea equatoriale.

Coloro, che non accettano la teoria di Ampère, trovano principalmente un fatto che li dovrebbe imbarazzare. — I selenoidi non sono altro che verghe metalliche elettrizzate in forma spirale mercè di eliche: essi intanto presentano tutti i fenomeni magnetici. Parimenti si sa, che per calamitare un ago basta chiuderlo in un tubo di vetro, al quale sia avvolta un'elica metallica: facendo quindi passar una corrente elet-

trica per tutta l'elica, l'ago si trova calamitato. Si conosce benanche il modo di formare nelle calamite artificiali molti punti *coasquenti*, voltando la direzione dell'elica. Arago ha trovato i segni magnetici nei roofori della pila, e Ridolfi è giunto a fare le calamite artificiali mercè una scarica della macchina elettrica comune. Tutti questi fatti danno a vedere, che la elettricità è la cagione dei segni magnetici. — Perciò i Fisici di cui parliamo hanno immaginato, che i fluidi magnetici sieno due essenzialmente, che stieno sparsi in tutti i corpi della terra, e che stieno tutti due per ordinario riuniti, non altrimenti che si è immaginato dei due fluidi elettrici: la influenza dunque della elettricità serve, secondo loro, a scomporre i detti due fluidi e a metterli nello stato di reciproca separazione; perlocchè ognuno di essi manifesta poi una forte tensione per ricongiungersi col suo compagno, ed un'avversione aperta contro il fluido della propria specie.

Ma quanti fluidi imponderabili si son fatti abitare in mezzo alle molecole ponderabili? Due magnetici, due elettrici, un altro per lo calorico, un altro per la luce! I fluidi imponderabili son'oggi i mezzi di spiegar la nascita di qualunque fenomeno, quando non se ne sappia assegnare nessun'altra cagione più manifesta. E siamo in un secolo, in cui si ride degli antichi Chimici, i quali dicevano nell'oppio esistere le particelle dormitive! In tutti i tempi la Scienza è stata costretta a realizzare le più facili immaginazioni per darsi conto dei fenomeni misteriosi ed inconcepibili.

La decomposizione dei due fluidi magnetici non spiega nulla. Perchè nello spezzarsi di una calamita ognuno dei frantumi dovrebbe esser pieno unicamente di quel fluido magnetico, di cui si trovava carico quando era unito alla intera calamita. Se poi si ammettono le correnti magnetiche indotte ed induttrici come nell'elettricismo, non vi ha ragione di supporre due altri fluidi distinti dalla elettricità, mentre colle correnti elettriche si può spiegare tutto il fenomeno.

§ 218 *Una calamita non perde nulla, quando con essa se ne calamita un'altra — La elettricità è una sostanza che passa da un corpo ad un altro? — Si risponde di no, e si prova — Due corpi diversamente elettrizzati si compensano a vicenda senza nulla comunicarsi.*

Ma l'elettricità passa da un corpo all'altro; ed il magnetismo non passa. Dunque il calamitare non è veramente comunicare qualche cosa, ma soltanto sciogliere i due fluidi, che si trovano costantemente riuniti in ogni corpo, e lasciarli separati nel corpo medesimo. — Per identificare il magnetismo e l'elettricità si dovrebbe risolvere quest'unico dubbio.

Cotal dubbio non può essere convenientemente risoluto nè dall'una nè dall'altra parte dei contendenti, perchè gli uni e gli altri ammettono o uno o due fluidi elettrici trasmigranti da corpo a corpo.

Io però ho dimostrato (§ 195), che l'elettricismo non è nè uno, nè due fluidi imponderabili, che vadano da un corpo ad un altro; ho dimostrato parimenti (§ 200), che quello che va da un corpo ad un altro è il semplice stato di disequilibrio; perlocchè, come son disequilibrate le molecole di un corpo, similmente si disequilibrano per antagonismo o per induzione le molecole di un altro. Lungi perciò l'idea che un corpo, nello elettrizzare un altro, gli comunichi qualche cosa, la quale esso perda.

Questa fu un'idea triviale, nata sul principio dall'osservare che, avvicinato un corpo ad un altro carico di elettricità, quello si diselettrizza sopra di questo, il quale si carica di quella medesima elettricità. Ma la ragione di questo fenomeno è assai più semplice. Mentre un corpo si avvicina ad un altro carico di elettricità, si carica anch'esso di elettricità contraria per induzione, e perciò, venuti che sono a contatto, si effettua la riunione delle due loro tensioni contrarie. Se si avvicina al corpo elettrizzato una pallina bene isolata, siccome

la sua estensione non è molto grande, il disequilibrio molecolare che in essa s'induce non è sufficiente per compensare il disequilibrio esistente nel corpo elettrizzato. Perciò, da una parte accade il compenso delle due elettricità contrarie sin a quel punto a cui arriva l'elettricismo della pallina, e per questa ragione la tensione del corpo elettrizzato diminuisce di qualche grado; e dall'altra parte il medesimo corpo elettrizzato produce, non per induzione, ma per contatto un disequilibrio analogo al suo nella sudetta pallina, e quindi la respinge carica di elettricità analoga alla sua.

Per accertarsi di ciò basta fare un semplice calcolo. Qualora fosse vero, che dal corpo elettrizzato passasse nella pallina e da questa in quello un vero fluido, in ogni tocco di questi due corpi, il corpo elettrizzato dovrebbe perdere il doppio della tensione elettrica di cui è capace la pallina. Poichè, la detta pallina avvicinandosi a quel corpo gli reca la propria tensione elettrica pervenuta in lei per induzione, e siffatto elettricismo servirà per neutralizzarne altrettanto sul corpo elettrizzato: dippiù poi la pallina si carica di un'altra quantità di elettricismo analogo a quello dello stesso corpo elettrizzato. Perciò in ogni tocco questo corpo dovrebbe perdere tensione elettrica per due volte di quello che ne potrebbe capire nella pallina. Suppongasi che il corpo elettrizzato contenga 10° di elettricismo manifesto, suppongasi che la pallina abbia la capacità di contenerne solo 1°. Ad ogni tocco si avrebbe 1° di elettricità neutralizzato per la elettricità indotta che vi porta la pallina, ed 1° di elettricità rubato che essa riporta seco. Dopo cinque tocchi il corpo elettrizzato dovrebbe trovarsi totalmente scarico. Ma il fatto non è così: bisognano dieci tocchi per scaricarsi interamente il corpo elettrizzato. Ciò prova, che la pallina nel ritornare carica di elettricità non ha rapito nulla al corpo elettrizzato, ma solamente ne riporta un disequilibrio nelle proprie molecole, che è l'effetto del contatto avuto con molecole eziandio disequilibrate.

Or nell'avvicinarsi un corpo ad un altro elettrizzato, non è possibile che arrivi a toccarlo, senza prima caricarsi di una elettricità contraria per induzione. Perciò, ogni qualvolta un corpo non elettrizzato si accosta ad un altro elettrizzato, vi ha necessariamente in quest'ultimo una diminuzione di tensione elettrica per effetto delle rispettive compensazioni. Affinchè un corpo elettrizzato possa ad un altro non elettrizzato comunicare elettricismo, senza esso perdere nè diminuire i gradi della sua tensione, bisogna una delle due cose: o il corpo non elettrizzato gli si deve presentare scarico di qualunque elettricità indotta, ed allora sul corpo elettrizzato non avviene la neutralizzazione corrispondente: oppure il corpo elettrizzato dev'essere sottoposto all'azione di una sorgente elettrica, la quale venga in esso riparando puntualmente tutte le compensazioni di elettricismo che in lui accadono per l'avvicinamento del corpo carico di elettricità indotta.

§ 219 *Nelle calamite non vi sono correnti circolanti di fluido elettrico, ma vi sono tante sezioni di disequilibrii elettrici contrarii, sovrapposti uno all'altro — Si confrontano le calamite colle pile voltiane.*

Vengo ora a parlare delle calamite; e prima di tutto escludo l'idea che intorno ad esse rotasse una corrente di fluido elettrico imponderabile, come altresì escludo l'idea, che in nessuna particella della calamita rotasse una simile corrente. Il modo in cui vengon fatte le calamite artificiali c'istruisce, che una calamita è composta di tante sezioni molecolari sovrapposte, delle quali una è elettrizzata in un verso, e l'altra nel verso contrario. Questo infatti produce l'elica, su cui si scarica la corrente elettrica: tutte le sezioni, che sottostanno ai giri della detta elica, si caricano di elettricità contraria a quella che scorre per l'elica; e tutte le altre sezioni, che non sono coperte dell'elica, per induzione delle sezioni precedenti, si caricano dell'altra elettricità.

Questo artificio nei suoi effetti è in parte consimile, ed in parte diverso della pila voltiana. Nelle calamite, come nella pila, si hanno due poli, dei quali uno attrae ciò che l'altro repelle. Più sotto spiegherò di ciò la ragione. Ma nella pila non si hanno tutte quelle sezioni alternative di elettricità contrarie che si trovano sulla calamita; e la ragione si è, che le due superficie eterogenee poste in mutuo contatto sviluppano, è vero, le due elettricità contrarie, ma ciascuna di esse non si mantiene chiusa dentro una sola sezione, perocchè tutte le due elettricità della pila si raccolgono rispettivamente sui due roofori; e quanto più coppie metalliche si mettono, tanto più cresce la tensione nei due roofori. Nelle calamite al contrario la elettricità originaria e la indotta stanno nelle loro rispettive sezioni; ed il maggior vigore della calamita non dipende nè dalla lunghezza, nè dall'ampiezza della medesima. Le pile voltiane son formate di un metallo e di un liquido deferente, oppure di due altre sostanze eterogenee, ma sempre deferenti; perciò tutta la elettricità che in esse si sviluppa, tanto per ragion chimica, quanto per ragion di contatto, si raccoglie mercè il corpo deferente sopra il rooforo che le compete.

§ 220 *Per quali distinte ragioni nelle calamite naturali e nelle artificiali si producano tante sezioni sovrapposte di disequilibrii elettrici alternativamente contrarii, i quali si mantengono fermi ognuno nel loro posto.*

Nelle calamite naturali non si trova altro che dell'ossido di ferro. La riunione dell'ossigeno col ferro è sufficiente per dare una sorgente continua di elettricità, ma sorgente debole, non vigorosa, perchè non vi ha tra le due sostanze una energica operazione chimica. L'ossigeno ed il ferro hanno una tale affinità tra di loro che, essendo insieme e non sotto elevata temperatura, non cessando di combinarsi ognor più intimamente tra di loro. Il perossido di ferro si ottiene ad alti gradi di calorico, e non si può ottenere altrimenti. Anzi, a dir vero,

quel perossido che si è ottenuto una volta sotto ad un alta temperatura, raffreddatosi, può un'altra volta congiungersi con altre molecole di ossigeno, sicchè la chimica non cessa mai di presentare proporzioni sempre diverse tra le combinazioni di ferro e di ossigeno.

Per questa ragione nelle calamite naturali vi ha una sorgente continua di disequilibrio molecolare, cioè di elettricità. E secondo la regola stabilita (§ 206), ogni volta che si genera elettricità originaria, un'altra se ne produce antagonistica. Or l'ossido di ferro non è deferente per come converrebbe, acciocchè l'elettricità sviluppate si raccogliessero tutte in un punto. L'ossigeno è quello che poco si presta al disequilibrio elettrico, e perciò non conduce bene. — Quindi ne nasce, che tutte l'elettricità sviluppate si restano una appresso all'altra, come se fossero intermezze da altrettanti semi-coibenti.

Ognuna di quelle elettricità non ha per sè sola tutta la vigoria che potrebbe avere, se si raccogliesse insieme con tutte l'altre della propria specie sul competente rooforo, come succede nella pila. Perciò le attrazioni e repulsioni, che si trovano in ogni punto del corpo magnetico, sono deboli e non mai paragonabili a quelle di un corpo uniformemente elettrizzato. Nè si possono osservare sul corpo magnetico i fenomeni di luce e di scoppiettio, che si veggono prodotti dai condensatori elettrici e dagli elettromotori.

È vero, che nelle calamite artificiali non si ha l'ossigeno congiunto al ferro; è vero, che un pezzo di ferro dolce, e molto meglio un pezzo di acciaio, possono calamitarsi facilmente, ma la disposizione dei disequilibrii molecolari, che in essi avvengono è perfettamente consimile a quella delle calamite naturali. Scoccata la corrente elettrica lungo l'elica che avvolge il tubo, ove è chiuso l'ago che si deve calamitare, si possono considerare per tutta la lunghezza dell'ago tante sezioni, una corrispondente ad un giro dell'elica è piena dell'elettricità contraria a quella dell'elica, l'altra corrispondente

all'interstizio dell'elica e piena di elettricità indotta dall'antecedente. Ora è necessità, che tutte queste sezioni di disequilibrii contrariamente diretti mantengansi nel posto acquistato, senza nè congiungersi tra di loro, nè accumularsi ognun di essi sopra il rispettivo polo.

CAPO V.

DELLA POLARITÀ' TANTO NELLE PILE, QUANTO

NELLE CALAMITE.

§ 221 *La polarità della calamita è diversa da quella della pila voltiana — Si spiega parte per parte come le due elettricità contrarie che si sviluppano nella pila, avviticchandosi in forma di eliche una coll'altra in direzioni opposte, vadano a raccogliersi ognuna per sè sul proprio rooforo.*

Per intendere la verità esposta sul fine del Capo antecedente fa d'uopo studiare bene la legge di polarità, che osservasi sulle pile. La polarità di queste è essenzialmente diversa da quella che si trova sulle calamite. Imperocchè, un polo della pila scarica per sè solo tutta l'elettricità della propria specie, che trovasi nella colonna: il polo della calamita presenta, è vero, dei segni magnetici più cospicui che non si osservano vicino all'equatore, ma egli solo non esercita tutta la forza magnetica della propria specie, che distribuita si trova sulla intera calamita.

Ora il primo dubbio, a cui si deve rispondere, è il seguente: le due elettricità contrarie, che si svolgono nella pila voltiana, perchè nello stesso tempo non si neutralizzano e non si ricombinano a vicenda, giacchè esse esistono sopra metalli e liquidi tanto deferenti? Perchè le due elettricità, che si svolgono in ogni parte della colonna, debbonsi separare si

spiceatamente, e la elettricità di una specie devosi tutta raccogliere sopra un rooforo, l'altra sopra dell'altro? Due elettricità, che si hanno tanta affezione reciproca, passano per così dire una dentro l'altra senza congiungersi, e vanno a collocarsi al loro rispettivo posto? In una parola, da che dipende la polarità?

Nella pila voltiana le due elettricità contrarie si dispongono a guisa di due eliche avvolte una dopo l'altra intorno alla stessa colonna, una però diretta in senso contrario dell'altra. Perciò il rooforo di un capo della colonna ed il rooforo dell'altro capo si trovano situati alla estremità delle due correnti spirali contrariamente dirette.

In primo luogo è certo, che l'elettricità mossa dalla prima coppia metallica deve ascendere verso la seconda coppia, e congiungendosi alla elettricità di quest'altra, deve risalire verso la terza coppia, e così di seguito. La ragione è chiara: la pila voltiana è un'elettromotore, la elettricità ivi sviluppata è dinamica, perchè essendo bastante in quantità, e trovando buon conduttore, deve per necessità mettersi in movimento da una piastra all'altra.

In secondo luogo è certo, che sviluppatasi la elettricità originaria, le si deve a fianco sviluppare la elettricità antagonistica (§ 206), e questa si deve dirigere per un verso contrario. Ora le due elettricità contrarie, o per meglio dire, i due disequilibri molecolari di tensione opposta, non possono mutuamente congiungersi nè estinguersi, per la ragione che tutto il circuito della colonna voltiana viene attorniato di correnti alternativamente contrarie, una di antagonismo all'altra: in modo che, se la seconda corrente elettrica volesse congiungersi colla terza sua antagonistica, sarebbe impedita dalla prima che è pure sua antagonistica; e la prima sarebbe impedita dall'ultima del circuito, perchè amendue si toccano.

Se si vuole, che spariscano in un momento l'elettricità della pila, si debbono le piastre metalliche collocare in modo, che si possa a volontà rompere con un corpo del tutto coibento

il circuito composto di elettricità alternative : allora esse tutte cesseranno dall'incatenarsi una coll'altra nella forma di un cerchio, e convergeranno tutte verso un sol punto per riunirsi.

In terzo luogo è certo pure, che un cerchio composto di tante correnti oppostamente dirette deve di momento in momento girare sopra il suo asse, di maniera che ognuna delle correnti, essendo d'impaccio alla sua convicina, e da essa parimenti ricevendo impaccio, si debbono piegare l'una sull'altra di punto in punto : e perciò nella totalità ne risulta un cilindro formato da tante linee, piegate ad elica una sull'altra, e nello stesso tempo ognuna delle linee diretta in senso opposto delle altre due che le stanno ai fianchi.

Tutte le correnti lineari movendosi in forma di elica per lo stesso senso ; giunte che sono sull'ultima piastra alla quale esse eran dirette, si avvolgono in tanti rispettivi giri, e tutte vanno a passare sul rooforo colà collocato : ivi perciò si ricongiungono tutte, e producono una corrente di una sola specie di elettricismo. Tutte le altre correnti in antagonismo, essendo contrariamente dirette, si trovano di tensione assai debole su quella prima piastra; e perciò, avvolgendosi anch'esse in tante eliche per l'impaccio che trovano delle correnti contrarie, vanno tutte a ricongiungersi sul rooforo dell'altra piastra opposta. Se si vogliono invertire i due poli di una pila, fa mestieri cangiare le direzioni delle correnti spirali, che circondano la colonna in tutta la sua estensione. Se a mezza colonna si mettono delle sostanze coibenti, si hanno due nuovi poli dall'una e dall'altra parte del corpo coibente : sono quasi i punti conseguenti della pila. Se però si mette in mezzo alla colonna una sostanza semicoibente, allora le correnti, arrivate a quel punto, generano dall'altra parte tante altre correnti in direzioni contrarie a quelle che esse originariamente avevano. Perciò in tal caso vi ha cangiamento di poli.

§ 222 *Si spiega perchè nelle calamite naturali e nelle artificiali vi sieno tante sezioni di elettricità deboli, alternativamente contrarie, e ferme nel loro rispettivo posto — Nelle calamite le due elettricità contrarie non si pongono in mutuo movimento come nelle pile.*

Nelle calamite o naturali o artificiali la cosa va tutta diversa. Nelle calamite naturali non vi ha elettrodinamismo, ma elettrostatica, perchè la copia dell'elettricismo svolta dalla lenta e continuata ossidazione del ferro non è bastevole per vincere la forza semicoibente dell'ossigeno, e per mettersi in movimento. Laonde in ogni calamita naturale vi sono molte sezioni di disequilibrii molecolari alternativamente contrarii, uno originario o l'altro antagonistico, stabilmente fermi nel loro posto.

Nelle calamite artificiali avviene presso a poco lo stesso. Benchè la corrente elettrica si faccia passare sopra l'elica, pure le sezioni di elettricità, che ne risultano nell'ago calamitato, non possono mantenersi a forma di elica, perchè non hanno la vigoria necessaria per portarsi innanzi o ascendendo o discendendo. Perciò tutte le sezioni elettriche prodotte dall'elica elettrizzata perdono la forma di elica, e si riducono in tante sezioni stabili e parallele. In tal modo si ha un disequilibrio molecolare diretto per un senso, sovrapposto ad un altro diretto per lo senso contrario. Così collocate tra di loro alternativamente le contrarie elettricità, non possono congiungersi, nè annullarsi a vicenda. Potrebbero ciò, quando le tensioni rispettive fossero vigorose a segno da doversi mettere in movimento per procurarsi uno sfogo. Ma, siccome esso son deboli, ed ognuna si trova affiancata a due altre elettricità contrarie, stabili parimenti, e di non molta tensione, rimane ciascuna nel suo posto, manifestando solamente le attrazioni e repulsioni, che sono i segni primordiali di qualunque più debole elettricismo, senza mostrare alcun'altro dei segni elettrici più imponenti.

Resta dunque unicamente a spiegare, perchè dall'equatore sino al polo della calamita prevalgano costantemente le attrazioni e repulsioni di una sola specie, e dall'equatore all'altro polo le attrazioni e repulsioni opposte. — È cosa certa, come già ho ripetuto (§ 221), che in nessuno dei due poli magnetici non si trova riunita tutta la forza analoga di magnetismo, come al contrario in ognuno dei due poli della pila si trova riunita tutta la elettricità di una stessa specie. Ciò ritorna a confermare la verità che non vi sono nelle calamite quelle correnti spirali, che trasportano tutta sopra un polo la elettricità di una specie.

§ 223 *Perchè nelle calamite da un polo sino all'equatore, e da questo sino all'altro polo prevalgano a vicenda le due elettricità contrarie — Teoria dell'esaltazioni e depressioni elettriche alternative — Perchè vi debba essere una linea equatoriale.*

Quantunque nelle calamite i contrarii disequilibrii molecolari stieno permanentemente sovrapposti uno sull'altro, pure da un polo sino all'equatore debbono prevalere le attrazioni e repulsioni di una specie, e dall'equatore sino all'altro polo quelle della specie contraria. La ragione si è la seguente. Essendo stabilmente contigui sopra una linea molti strati elettrici contrarii ad alternativa, ne siegue che il primo ed il terzo, tutti due della stessa natura, si dividono per eguali gradi l'antagonismo della elettricità contraria che risiede nel secondo; e non potendola tutti due pienamente esaurire per la debolezza delle loro rispettive tensioni, lasciano tra di loro questo secondo strato di elettricità contraria, dopo averlo sommaramente debilitato dall'uno e dall'altro fianco. Parimenti il terzo ed il quinto debilitano il quarto strato elettrico, che si trova intermedio tra loro; il quinto ed il settimo debilitano il sesto, che tra essi comprendono; e così di seguito. Questo non avverrebbe, se il primo strato elettrico, invece di tro-

varsi libero da un capo, si trovasse congiunto coll'altro capo della medesima linea in forma di circolo; perocchè in tal caso succederebbe quello ch'io dissi accadere nella pila voltiana (§ 221), cioè tutte le linee elettriche si tratterebbero una coll'altra in un cerchio, e si manterrebbero in un vigore rispettivamente eguale.

Siegue dall'anzidetta posizione di cose che la elettricità residente nel primo strato elettrico di un capo esalta le altre elettricità della sua medesima specie residenti in tutti in numeri dispari.

Della stessa maniera succede dall'altro capo della calamita: cioè tutte l'elettricità consimili a quella residente nel primo strato si esaltano, e quelle residenti nei numeri pari si deprimono.

Or la esaltazione dell'elettricità di una specie a scapito dell'elettricità intermedie, le quali si deprimono, produce la conseguenza che gli effetti elettrici corrispondano alla natura della elettricità esaltata, e non a quella della elettricità depressa. Ma ogni qualvolta l'elettricità si dispongono alternativamente sopra una linea, necessità è che il primo e l'ultimo capo contengano due elettricità di natura opposta, imperciocchè ogni elettricismo produce accanto a sè un'elettricismo antagonistico. E siccome la prima è sempre elettricità originaria, così l'ultima dell'elettricità alternanti è l'antagonistica.

Suppongasi dunque che sopra una stessa linea si esaltino da un capo tutti gli strati di elettricità originaria corrispondenti al primo strato di quel capo, e che dall'altro capo si esaltino tutti gli strati di elettricità antagonistica corrispondenti al primo strato del detto altro capo, si avrà dall'una all'altra parte l'esaltamento di due elettricità contrarie.

Nel punto, in cui si toccano i due contrarii esaltamenti di elettricità, succeder deve una depressione comune, cioè i due strati contrarii debbono equilibrarsi. Ciò fa sì, che esista un equatore in mezzo a due poli contrarii. Quanto più si va verso l'equatore, tauto più l'esaltazioni rispettive per la mu-

tua vicinanza vengono a diminuirsi. Perciò l'effetto massimo si deve trovare in ciascun polo, che è il punto di elettricità più esaltata, per essere il più distante dalla linea equatoriale.

§ 224 *Fenomeni magnetici che sono conseguenze dell'esaltazioni e depressioni elettriche alternative — Prova di ciò in senso contrario.*

Mi son limitato a dire *esaltamento di elettricità*, perchè, a dir vero, a fianco di ognuno degli strati elettrici esaltati esiste un altro strato elettrico di specie contraria, il quale non dà segni sensibili, a causa che la elettricità sua deve dividersi all'antagonismo di due altre elettricità più esaltate. Da ciò nasce, che dal polo all'equatore del corpo magnetico non si trova una elettricità di una specie liberamente sparsa su tutto l'intervallo; perchè se ciò fosse, avvicinandovi un corpicciuolo, se ne dovrebbe avere la scossa ed anche la scintilla, come si ha dal corpo della macchina elettrica, dove l'elettricismo di una specie sta liberamente sparso su tutta la superficie, ed avuto un punto di contatto con un altro corpo, si scarica tutto per quel punto. Nelle calamite ogni sezione di disequilibrio molecolare sta al suo posto, perchè è stretta da due altre sezioni di disequilibrii molecolari contrarii, e perchè non ha tutto quel vigore che bisognerebbe per mettersi in movimento, e per iscappare in mezzo a' suoi contrarii, sotto quella forma di elica che si osserva nelle sorgenti vigorose di elettricità, come sono gli elettromotori (§ 221).

Una calamita adunque è un corpo elettrizzato in tutti i suoi strati di duo elettricità alternativamente contrarie, ma deboli. Dalla loro alternativa contrarietà siegue, che il primo ed ultimo strato che contengono sempre elettricità contrarie, non avendo che un solo fianco toccato da antagonismo, si esaltano rispettivamente, val quanto dire, non trovano tutto il compenso sulla rispettiva elettricità contraria, che sta da un solo loro fianco. E ciò è cagione che questa si deprima, e

che il terzo strato si esalti parimenti a causa di non trovare tutto il compenso necessario; così il quinto, il settimo e di seguito. — L'elettricità depresse non si neutralizzano, ma restano impegnate a prestare l'antagonismo dall'una e dall'altra parte alle convicine elettricità sempre esaltate più di loro. Perciò esse non producono veruno effetto sensibile, e sono come se non fossero. Nello stesso tempo quelle che io chiamo elettricità più *esaltate*, non sono altro che elettricità non compensate totalmente, perciò conservano qualche poco più di vigoria che non si trova nell'elettricità depresse, e danno i segni rudimentarii di elettricismo, quali sono le attrazioni e le repulsioni. Non son capaci però di dare una scintilla, nè una scossa; molto meno di produrre una chimica decomposizione.

In una parola, il magnetismo naturale o artificiale costa di due strati elettrici permanenti, alternanti, e rudimentarii, anzi nel primo stato di loro debolezza. Perchè deboli, non han la forza di mettersi in movimento come nella pila, non hanno il vigore di compensarsi totalmente a vicenda; ed i primi rispettivi capi fanno da poli, cioè si trovano più vigorosi di tutti gli altri punti a causa che hanno compenso da un solo lato, e non da entrambi i lati, come gli altri punti intermedi.

Che la polarità magnetica dipenda da ciò, può conoscersi facilmente, chiudendo con un circuito pure magnetico i due poli contrarii di una calamita. Prendendo due calamite a ferro di cavallo, e mettendole polo con polo, cioè il nord col sud, ed il sud col nord rispettivo, le due calamite cessano dal presentare segni magnetici, sparisce l'equatore, spariscono i poli. La ragione si è, che mettendosi polo a polo contrario e formando un siffatto circuito, non vi è più un capo libero il quale esalti la propria elettricità, come si trova nelle calamite consuete (§ 223). Chiuso il circuito, ognuno degli strati elettrici, senza distinzione di primo ed ultimo, si trovano a vicenda ed egualmente compensati uno coll'altro, perchè ciascuno di essi si trovano in mezzo a due strati elettrici con-

trarii. In conseguenza manca la esaltazione della elettricità residente nel primo strato, e di tutte l'elettricità consimili a quella; e manca parimenti la depressione di tutte l'elettricità contrarie che stanno tra di loro intermedio. E quindi tutti i diversi strati elettrici si comportano ugualmente, senza che predomini da un lato la elettricità di una specie, e dall'altro la elettricità contraria. Sono come se non fossero: non attraggono, non repellono.

§ 225 *Perchè il calorico ha il potere di estinguere la calamita? — Perchè i colpi violenti ne mutano i poli? — Le calamite temporanee posseggono le sezioni elettriche alternativamente contrarie, come le calamite permanenti?*

La dilatazione calorifica molto avanzata ha benanco un potere manifesto sopra le calamite; imperochè, è noto, che queste, essendo riscaldate, perdono la loro virtù. L'effetto non potrebbe accadere diversamente; dapoichè la dilatazione calorifica, distendendosi uniformemente sulla superficie della calamita, dispone le molecole a prendere una direzione tra loro analoga: perciò distrugge quella tessitura di strati alternativamente contrarii, che sono essenziali per lo sviluppo dei fenomeni magnetici. Nè ritorna più ad essere magnetica, quando anche, dopo essere stata riscaldata sino al rosso bianco, ritorni poi a raffreddarsi. Le calamite artificiali possono dipoi essere ritornate al pristino loro stato mediante un nuovo artificio di calamitazione, ma le calamite naturali perdono la loro virtù senza poterla più riacquistare. Pouillet con esperienze fatte sopra il manganese, il nickel, il cromo, il ferro, ed il cobalto, ha dimostrato che il potere del calorico sulla estinzione del magnetismo dipende dalla dilatazione, che prendono i sudetti metalli.

Inoltre si sa volgarmente che dato un colpo di martello ad una calamita, i suoi poli subito si cangian di luogo: donde si prova che, fatto il cangiamento della elettricità prevalente

sopra una parte della calamita, per necessità si cangia la elettricità prevalente dalla parte opposta.

Le calamite temporanee, quelle cioè che presentano i fenomeni magnetici nell'atto che sono attaccate alla calamita permanente, non distruggono le teorie che fin qui ho esposto. Un pezzo di ferro attaccato ad una calamita o naturale o artificiale non riceve nelle sue molecole tutta quella tessitura di strati elettrici alternativamente contrarii, primieramente perchè l'azione della calamita sopra un sol punto di quel ferro non potrebbe tessere tutte quelle alternative; in secondo luogo perchè vediamo colla esperienza, che quel pezzo di ferro separato dalla calamita non ha più nessun vigore, e se vien rotto in pezzi, ognuno di essi distaccandosi dalla calamita, più non presenta nè i poli nè alcun'altro dei fenomeni magnetici. Pertanto si riesce a produrre nelle calamite artificiali tutti quegli strati di elettricità alternativamente contrarii, perchè la corrente spirale, che si fa passare sull'ago da calamitarsi, induce in esso alternativamente le due elettricità contrarie in tante sezioni quasi parallele (§ 222). Pertanto una calamita spezzandosi resta divisa in tante calamite complete, perchè in tutto il corpo della calamita esistono sempre gli strati elettrici alternativamente contrarii, essendo in un lato esaltate l'elettricità di una specie e depresse quelle della specie contraria, e nell'altro lato viceversa. Un pezzo di ferro, che tocca la calamita in un sol punto, non può avere quegli strati elettrici alternativamente contrarii, e perciò manca delle proprietà sudette. Esso perciò si veste per induzione della elettricità contraria a quella, che si trova più esaltata nel polo con cui tocca. Se un altro pezzo di ferro si fa toccare con esso, si veste parimenti per induzione di altra elettricità: così ancora un terzo, un quarto, ec.

§ 226 *Perchè la calamita non si scarica delle sue elettricità quando tocca un metallo? — Principii intorno alla stabilità delle sezioni elettriche alternativamente contrarie, ed intorno alla loro esaltazione e depressione alternativa — Conclusione di questa Sezione.*

In tutti i sopradetti casi non succede quello che suole accadere ai corpi, i quali toccando un altro corpo elettrizzato; ne sono tostamente respinti. Non avviene ciò per la ragione che la elettricità, disposta in istrati alternativamente contrarii sul corpo magnetico, non può tutta scaricarsi, nè neutralizzarsi per quel punto in cui il ferro tocca la calamita. Perciò nel detto ferro sussiste permanentemente una elettricità d'induzione, contraria a quella che si trova sul polo della calamita. Questo è appunto la virtù degli strati elettrici alternativamente contrarii che, per toccamenti di altra elettricità o contraria o simile, nessun di essi può mai essere neutralizzato o estinto; giacchè in neutralizzarsene uno, se ne risente il suo contrario che su di esso trova il suo antagonismo.

Perciò posso stabilire per massima, che due elettricità, una indotta e l'altra induttrice, si mantengono vicendevolmente una a fianco dell'altra senza ristabilire tra loro l'equilibrio, 1° quando esse sono intermezze da un corpo semiconduttore, che le mantiene mutuamente impegnate, e nello stesso tempo impedisce la loro congiunzione (§ 212); 2° quando si trovano in una lunga fila o in un cerchio situate alternativamente le contrarie elettricità, perocchè in tal caso una impedisce l'altra dal potersi neutralizzare colla sua compagna (§ 221, 224). La calamita naturale è prodotta da una cagione della prima specie, l'artificiale da una cagione della seconda.

Questi argomenti meriterebbero più ampia trattazione, ma non lo permettono i confini che io mi ho dovuto prefiggere nelle mie Ricerche, le quali hanno meglio per oggetto la parte filosofica, che l'applicazione fisica. — Non ho parlato dell'elet-

tricismo e del magnetismo che si destano per cagioni fisiologiche, perchè questo argomento ha stretta connessione colla Innervazione, sulla quale imprendereò altro speciale lavoro.

SEZIONE II.

DEL CAMMINO DELLO ELETTRO-MAGNETISMO.

§ 227 *Quando si dice, che la elettricità passa da un corpo ad un altro, qual cosa vi passa realmente? — Quali sono i corpi su cui il disequilibrio elettrico può camminare?*

Ho detto (§ 212), che non tutti i corpi si prestano ugualmente a ricevere lo stato elettrico: alcuni sono coibenti, altri semicoibenti, altri però sono conduttori. Giova dunque indagare, qual sia il cammino della elettricità in queste tre specie di corpi.

Se la elettricità non è fluido imponderabile, qual cosa cammina da un corpo ad un altro? Quando si dice camminare il calorico, camminare la luce, null'altro in realtà cammina fuorchè lo stato di dilatazione, o lo stato di vibrazione lucida. Per conseguenza, l'elettricismo null'altro essendo che il disequilibrio molecolare (§ 200), precisamente si è questo disequilibrio che passa da un corpo ad un altro. Tanto il disequilibrio originario delle molecole, quanto il disequilibrio indotto, possono mettersi in movimento, possono comunicarsi da un corpo ad un altro. Affinchè il disequilibrio molecolare possa da un corpo essere generato in un altro, necessità è che quello si presti a riceverlo. Perciò i corpi coibenti, come non disposti a ricevere il disequilibrio molecolare, impediscono, o meglio, non permettono il passaggio dell'elettricismo sopra di sè. I corpi semicoibenti, potendo esser disequilibrati nelle loro molecole, ma in un modo molto restio, e non mai in esatta corrispondenza della forza disequilibrante,

servono a generare l'elettricità indotta, cioè servono come linea di riconciliazione tra i due disequilibrii, tendenti uno verso l'altro in direzioni opposte.

Sono dunque i conduttori quelli che dàn passaggio allo stato elettrico, non essi che lo ricevono facilmente, e con ugual facilità lo tramandano.

CAPO I.

SU QUALI CORPI, E CON QUALI CONDIZIONI CAMMINI LO STATO ELETTRICO.

§ 228 *Il disequilibrio elettrico cammina sempre sulle superficie? quando s' interna negli strati sottostanti? — Per qual ragione le punte hanno il potere di scaricare l'elettricità?*

Esperienze dirette si sono fatte per conoscere in qual modo si distribuisca l'elettricismo sopra i buoni conduttori, e si è costantemente ricavato, che la elettricità si conduce sempre sulle superficie dei corpi, o che discende a qualche profondità dalla superficie quando la sua tensione è molto vigorosa. Laplace ha dimostrato, che la forza repulsiva dell'elettricità è sempre proporzionale alla spessezza del suo strato. Ora la spessezza dello strato elettrico non è la spessezza di nessun fluido imponderabile, ma è la superficie medesima del corpo conduttore, disequilibrato più o meno profondamente nelle sue molecole. Io ho fatto conoscere (§ 196), che il disequilibrio molecolare deve per necessità estendersi sulle superficie. Solamente quando la tensione della forza disequilibrante è molto energica, il disequilibrio attacca, oltre delle molecole superficiali, quelle degli strati sottostanti. Ho detto poi (§ 197), che ogni disequilibrio superficiale si propaga con proporzione sempre decrescente nei detti strati sottostanti, perocchè tutte

le molecole del mondo fan tra loro dei varii sistemi, e si equilibrano una coll'altra, in guisa che non si può mai turbare lo stato di equilibrio di un sistema, che tosto gli altri non ne risentano le conseguenze.

La scoperta fatta da Franklin intorno al potere delle punte sulla elettricità veniva poi confermata dal calcolo, imperocchè dimostravasi, che sul polo di un'ellissoide di rivoluzione la tensione elettrica deve essere molto maggiore di qualunque altro punto della superficie, e le punte possono essere considerate come poli di un'allungatissimo ellissoide. Per conseguenza, sia debole quanto si voglia la carica elettrica di un corpo, la maggior quantità si deve accumulare sulle punte: ivi perciò si accumula il maggior disequilibrio, il quale esercita con tanta maggior forza la tensione contro dell'aria, e per induzione desta in quella un altro proporzionale disequilibrio. Per tal modo lo punte si scaricano della loro tensione elettrica, venendo a compensare l'eccesso del disequilibrio con altrettanto, che l'aria ne somministra ad esse in contrario.

§ 229 *Come avvenga il fulmine, e come si comporti l'aria, ch'è semicoibente, tra la nuvola e la terra.*

Il semicoibente impedisce, siccome ho detto (§ 212, 123), la riunione delle due elettricità contrarie, in mezzo alle quali egli sta. Esso, benchè poco disposto a ricevere il disequilibrio molecolare, pure ne riceve una qualche porzione da entrambi i lati, per causa delle due elettricità contrarie che lo stringono. Or, se la tensione reciproca delle dette due contrarie elettricità cresce in alto grado, allora le molecole del semicoibente cedono alla doppia opposta violenza, ricevono i due contrarii stati di disequilibrio, e li ricongiungono in un'equilibrio totale.

L'aria è un corpo semicoibente, val quanto dire, è disposta a ricevere nelle sue molecole un certo grado di disequilibrio, non mai però quegli alti gradi che ne possono ricevere

le molecole della superficie terrestre, e le molecole dei vapori che forman le nuvole. Supposto che una nuvola, molto disequilibrata nel suo sistema molecolare, si collochi a poca distanza della terra, l'aria intermedia farà da semicoibente, cioè: dalla parte superiore riceverà per toccoamento uno stato di disequilibrio analogo a quello della nuvola, ma non corrispondente perocchè delle due l'aria può sostenere un disequilibrio molecolare, molto minore di quello che sostengono i vapori della nuvola. Ciò fa sì, che dalla parte inferiore dell'aria, cioè da quella ch'è in contatto colla terra, destar si deve per induzione un disequilibrio antagonistico, il quale alla sua volta agisce pure contro quella parte inferiore dell'aria. Laonde la falda aerea, che sta in mezzo della nuvola e della terra, vien pressa di tutte due parti da due disequilibrii contrarii, ed ella partecipa, per quanto lo comporta la natura delle sue molecole, dell'uno e dell'altro disequilibrio.

In questo stato di cose, se avverrà che la tensione dei duo disequilibrii si accresca, la resistenza, che le molecole aeree solevano fare per non ricevere in tutta le loro totalità i sudetti due disequilibrii, viene a poco a poco vinta; perlochè nell'aria stessa propagandosi di strato in istrato, da sotto e da sopra, i due disequilibrii contrarii vanno a ravvicinarsi tra di loro; e quanto più si avvicinano, tanto minore resistenza rimane loro a superare: perciò la loro energia si accresce in proporzione della diminuita distanza: finalmente i due disequilibrii si trovano fronte a fronte, si uniscono, si estinguono a vicenda.

Però in tal caso la tensione disequilibratrice non agisce ugualmente sopra tutte le molecole della falda aerea interposta tra la nuvola e la terra: le molecole, che stanno nei punti di mezzo, soffrono una maggior carica di disequilibrio, e minore lo soffrono quelle che stanno alla estremità. Perciò succede un'effetto quasi consimile a quello delle punte: la doppia tensione elettrica propende dalla nuvola verso la terra, ed ascende dalla terra verso la nuvola, in forma di due coni i

quali vanno finalmente a toccarsi per le loro punte allungatissime e si congiungono. L'aria perciò riceve le due cariche contrarie in forma di due punte allungatissime, e per causa che tutta la forza si esercita sopra piccolo spazio, la detta aria viene improvvisamente a squarciarsi: quindi gl'improvvisi fenomeni della luce, dello scoppio, e delle chimiche decomposizioni, tremendi apparati del fulmine!

Saper dirigere il disequilibrio molecolare della terra e della nuvola per una linea non nocua all'uomo ed alle sue cose costituisce l'arte di fabbricare il parafulmine.

§ 230 Fino a qual punto i corpi coibenti si possano prestare al disequilibrio elettrico.

Le descrizioni minute, che ho fatto su di quello che accade nell'aria, si possono applicare colle rispettive proporzioni a tutti gli altri corpi semicoibenti. — Si possono altresì applicare ai corpi coibenti, ma con una ragione diversa. I corpi coibenti son quelli, le cui molecole per propria costituzione non son disposte affatto a disequilibrarsi (§ 212): ciò nulla ostante, si può eccitare sulla superficie del corpo coibente lo stato di disequilibrio per mezzo di cause violente, p. e. per mezzo di un forte attrito, di un repentino distaccamento. In tal caso lo stato di disequilibrio rimane in quel punto, ove è stato eccitato. E siccome le molecole dei corpi coibenti possono difficilmente essere disequilibrate dal loro stato naturale, con ugual difficoltà, disequilibrate che sieno, possono esser tornate al loro pristino stato: infatti la carica elettrica dura maggior tempo sulla superficie di un vetro il quale è coibente, anzichè sulla superficie di un metallo il quale è buon conduttore.

Pure, il disequilibrio molecolare destato a forza su di una superficie del corpo coibente non eccita dall'altra parte il disequilibrio antagonistico per causa d'induzione, come si vede nel corpo semicoibente. Il disequilibrio ivi destato si limita

a quel punto solo ove nacque, e non si propaga alle molecole circonvicine. E se per caso la forza del disequilibrio fosse grandissima, come p. e. quando tutta l'elettricità di un fulmine va a scaricarsi sopra una lastra di vetro, allora le molecole del corpo coibente, che sono prese dalla tensione maggiore, non si disequilibrano con restare al proprio posto, ma si staccano dalle loro compagne, e vanno via per dar passaggio alla tensione elettrica. Il fulmine fa dei buchi picciolissimi sul vetro, e così dev'essere, perchè nella linea centrale in cui si riuniscono tutte le tensioni de' varii strati di disequilibrio, la violenza è maggiore: perciò le molecole vitree ivi corrispondenti si distaccano, la corrente del disequilibrio molecolare si trova una via, picciola, è vero, ma essa la preferisce, perchè tutte le altre molecole del vetro resistono a ricevere il passaggio del disequilibrio.

§ 231 *Si combatte il parere di Poisson intorno all'imprigionamento del fluido elettrico sulle superficie dei buoni conduttori — Perchè il compenso elettrico si effettui meglio col toccamento dei corpi consimili elettrizzati contrariamente — Perchè i metalli più puri sieno migliori conduttori.*

Sui corpi conduttori lo stato di disequilibrio (e quando dico stato di disequilibrio, dico sempre stato elettrico) cammina con maggiore o minore speditezza secondo la maggiore o minore loro *conducibilità*: lo stesso che dire, seconda la maggiore o minore attitudine a ricevere il disequilibrio molecolare. Inoltre esso si distribuisce su tali corpi in ragion delle loro superficie libere, ma con una differenza: in un corpo sferico lo stato di disequilibrio è uniformemente distribuito su tutta la superficie, in un corpo avente delle prominente, degli angoli degli spigoli, delle punte, la maggior carica di disequilibrio si riunisce sopra quelle parti culminanti. Poisson ha esposto la ragione matematica di questo fatto, ma ha dovuto porre per base, che ciascuna delle due elettricità (egli seguiva l'ipotesi

di Symmer) avesse una tensione viva per unirsi coll'altra, allorchè se ne trovasse divisa; egli dippiù ha dovuto supporre, che il fluido elettrico fosse legato alla superficie del corpo elettrizzato, come se la fascia dell'aria ve lo imprigionasse a viva forza.

Ma un fluido imponderabile, che per la sua sottigliezza infinita penetrar potrebbe qualunque più compatto corpo, dovrebbe mai essere imprigionato tra due corpi ponderabili? e principalmente dall'aria, corpo tanto poroso che i Fisici han dovuto dire, il vacuo essere in essa centomila volte maggiore del pieno? La imprigionazione del fluido elettrico per mezzo dell'aria secca è veramente la più alta contraddizione che fosse stata giammai sostenuta. Non dico, che le stesse molecole del corpo metallico elettrizzato son tanto porose, che dovrebbero di necessità dar passaggio ad un fluido imponderabile, creduto sì sottile, sì violento, e sì veloce nel suo cammino: ma l'aria, l'aria cotanto porosa, non può dargli una via? E quel che è più, l'aria secca gl'impedisce la fuggita, più che non gliela impedisca l'aria carica di vapori!

Il disequilibrio delle molecole è quello che può essere veramente ritenuto sulla superficie di un corpo, perocchè a poter cessare un tale stato di disequilibrio, bisogna che un altro corpo possa scagliarsi di sopra un altro disequilibrio contrario. Perciò sussisterà lo stato elettrico sulla superficie di un corpo, fintantocchè un altro corpo *consimile* non venga a toccarlo: egli prima di toccarlo si elettrizza per influxo in senso contrario, a causa dell'aria intermedia ch'è un semicombente, e nell'atto del toccamento i due disequilibri opposti si neutralizzano a vicenda, componendo un mutuo novello stato di equilibrio.

Dissi, che per poter finire lo stato di disequilibrio sulla superficie di un corpo bisogna il contatto di un altro disequilibrio contrario sulla superficie di un corpo *consimile*. La ragione di ciò è chiara. Due corpi *consimili*, aventi disequilibrate le molecole della loro superficie, tendono presso a poco con

egual forza a ritornare al pristino loro stato : perciò dal conflitto delle due forze eguali e contrarie nasce in amendue il ritorno allo stato di equilibrio molecolare consueto. Quando però due corpi sono *dissimili*, allora i loro rispettivi disequilibrii molecolari sono benanche dissimili : perciò i due stati contrarii non si corrispondono a quel tale segno, che possano totalmente bilanciarsi uno coll'altro.

I metalli sono molto dissimili tra di loro nelle proprietà fisiche chimiche e fisiologiche, pur tuttavia convengono in alcune proprietà essenziali, per le quali son costituiti comunemente nella classe dei metalli. Un metallo perciò scarica quasi sempre un altro metallo della elettricità che quello ha. E quanto più puri i metalli sono, tanto meglio fanno da conduttori, perocchè tanto più allora si assomigliano nelle loro proprietà fondamentali. I corpi più eterogenei e più impuri conducon meno, perocchè molecole di natura diversa non possono disequilibrarsi in modo uniforme, e nei loro conflitti non possono riequilibrarsi uniformemente. Perciò fuvvi alcuno che propose di osservare, se i metalli conducen bene la elettricità, per distinguere se sieno puri, o frammisti di sostanze eterogènee.

§ 232 *Condizioni necessarie, affinchè succeda una corrente elettrica — Donde nascano le correnti più vigorose — Quali corpi le conducano meglio, e sotto quali condizioni — Diversità tra le correnti principali e le correnti derivate.*

Lo stato di disequilibrio molecolare si dirige sotto forma di corrente da un ponto ad un altro. Perchè si effettui ciò, sono necessarie le condizioni seguenti : 1° il disequilibrio sviluppato deve avere una tensione sufficiente per vincere la opposizione che gli presenta l'equilibrio già esistente nei corpi, ai quali si deve estendere ; 2° il corpo, che deve ricevere la corrente, dev'essere buon conduttore : cioè, le sue molecole debbono essere atte a disequilibrarsi ; 3° il conduttore,

che deve dargli passaggio, non dev'esser carico di disequilibrio contrario, altrimenti non succede la corrente, ma la cessazione e la riunione dei due disequilibrii opposti; 4° è necessario che lo stato di disequilibrio, il quale si dirige sul conduttore, abbia vicino lo stato di disequilibrio contrario, perocchè facendo sforzo a raggiunger quello, si slancia verso il medesimo in forma di corrente. — Tutte queste condizioni sono indispensabili, e chiaramente se ne intende il perchè. Laonde, una corrente elettrica, ossia una corrente di disequilibrio molecolare, è tanto più vigorosa, quanto più forte è la tensione della sorgente, quanto è miglior conduttore il corpo per cui passa, quanto più questo è sfornito di elettricità propria, e finalmente quanto più essa corrente si avvicina alla elettricità contraria.

Le sorgenti, che posson produrre correnti elettriche, sono tutte quelle che io ho indicate nella Sezione precedente. Quando però le sorgenti sono assai deboli, le correnti che ne risultano sono di forza assai debole, e perciò vengon neutralizzate prestamente per la forza di resistenza, che trovano nei corpi sui quali s'incamminano. Il chimismo ed il termo-elettricismo sono le sorgenti più vigorose, delle quali abbiain conoscenza; e la ragione si è, che il disequilibrio massimo tra le molecole di un corpo può esser prodotto o per causa delle decomposizioni e ricomposizioni molecolari, o per causa della ineguale dilatazione calorifica di due corpi diversamente cristallizzati. Dopo di queste sorgenti vengon l'attrito, la compressione, il distaccamento, il semplice contatto dei corpi eterogenei: quest'ultimo dà la corrente più debole.

È stata osservata la conducibilità di varii metalli, e tra tutti è stato trovato migliore il palladio, peggiore il mercurio. In queste specie di ricerche fatte da Pouillet fu costantemente osservato, che il miscuglio delle sostanze eterogenee altera positivamente la conducibilità dei metalli. E con ciò si torna a confermaro quell'idea (§ 231), che lo stato di disequilibrio molecolare non può propagarsi facilmente ed equa-

bilmente sopra-molecolo di eterogenea composizione. Il fluido imponderabile potrebbe mai trovare ostacoli nel suo cammino per la sola ragione ch  le molecole ponderabili sieno diversamente composte?

Inoltre lo stesso Pouillet ha sperimentato, che la temperatura fa poco variare la conducibilit  di certi corpi, come p. e. del mercurio, nel quale fra 0° e 100° varia solo di alcuni centesimi. Ma il ferro e l'acciajo tra gli stessi termini soffrono variazione grandissima: talvolta la conducibilit  vien ridotta alla terza parte. Ci  dipende da che le molecole di alcuni corpi, mediante la dilatazione calorifica, si equilibrano tra loro pi  stabilmente, e quindi con maggior difficult  possono essere disequilibrate; all'incontro le molecole di altri corpi, dilatate per quanto si voglia, mantengonsi nella stessa disposizione e facilit  ad essere mutuamente disequilibrate. In generale per  si vede l'attitudine a condurre il disequilibrio elettrico, diminuire pi  o meno coll'alzarsi della temperatura. Ed anche   stato osservato (§ 223), che la dilatazione calorifica indebolisce, e finalmente estingue la virt  magnetica della calamita. Sotto la forza del calorico le molecole ponderabili si dilatano: se dunque esistesse il fluido elettro-magnetico, perch  dovrebbe in esse ritrovare una maggiore resistenza? Forse son piene di calorico, e questo fluido imponderabile impedisce l'entrata all'altro?

La intensione della corrente *principale*   uguale per tutti i punti del circuito. Ma le correnti *derivate*, che da quella si possono ottenere, hanno intensioni diverse, le quali sono presso a poco nella ragione inversa delle sezioni dei fili che formano l'intervallo di derivazione. La ragione   chiara: ogni filo di derivazione prende tanto disequilibrio dalla corrente principale, quanta   la sua stessa sezione, merc  la quale si mette a contatto colla corrente medesima.

§ 233 *Azioni delle correnti sulle calamite, delle calamite sulle correnti, e delle correnti sulle correnti — Loro leggi analoghe — Ragione della legge fondamentale intorno alle azioni di una corrente su di un'altra — Bisogna escluder l'idea di qualunque fluido imponderabile per ispiegare il cammino dello elettricismo.*

Oersted, nello scoprire l'azione della corrente elettrica sull'ago calamitato, piantò la legge fondamentale, che *la corrente tenda a volger l'ago in croce con essa, col polo sud a sinistra.* Quindi Biot e Savart han riconosciuto, che *l'intensione della corrente sulla calamita è in ragione inversa della semplice distanza.* Parimenti le calamite agiscono sulle piccole correnti.

I sopradetti fenomeni sono stati ricondotti alla teoria generale dell'azione tra corrente e corrente. La qual teoria fu stabilita da Ampère nei seguenti termini: *se due correnti elettriche si avvicinano ad un dato punto, o ad una linea, o ad una superficie, ovvero se ne allontanano, v'è fra esse attrazione: tra una che si allontana ed una che si avvicina v'è repulsione.* Le correnti parallele, le flessuose, le incrociate, sieno amendue mobili, sieno una mobile ed un'altra fissa, obbediscono tutte alla legge sopradetta.

Io però sostengo quanto siegue:

Affinchè due correnti abbiano la medesima direzione o verso un punto, o verso una linea, o verso una superficie, è necessario che sieno di specie contraria, e per questo si attraggono mutuamente. — Viceversa: due correnti, di cui una va verso un punto, una linea, o una superficie, e l'altra se ne allontana, debbono essere della medesima natura, e per questo si repellono. — Dimostro quello che ho asserito.

Due correnti si posson diriggere verso un medesimo punto, o tendendo ad incontrarsi sopra una medesima linea, o tendendo a fare un'angolo tra di loro. Per potersi incontrare sopra una medesima linea, bisogna che i due stati elettrici

abbiano due tendenze mutuamente opposte: perciò tendono a congiungersi; ed infatti due disequilibrii mutuamente opposti, quando si trovano sopra una stessa linea, tendono a comporre un solo equilibrio.

Quando poi due correnti tendono ad incrociarsi in un punto, allora si può colla mente supporre, che i capi delle due rispettive correnti vengano per qualunque siasi causa congiunti: è chiaro che ambedue i capi, avendo la stessa direzione verso il vertice dell'angolo, se si volessero mutuamente congiungere, si darebbero fronte a fronte le due direzioni opposte. Dunque due correnti disposte in siffatta guisa sono di natura contraria. Perciò si attraggono.

Lo stesso si può dire di due correnti, che si diriggono parallelamente sopra una stessa linea o superficie: se i loro due capi si volessero congiungere, torcendosi amendue le linee, si darebbero fronte a fronte le due direzioni contrarie.

All'opposto, se una corrente va verso un punto e l'altra se ne allontana, nel caso che si volessero riunire, si potrebbero soltanto congiungere il capo di una corrente e la coda di un'altra: esse perciò congiunte darebbero una sola direzione sopra una medesima linea, sarebbero perciò della medesima natura, e dovrebbero repellersi.

Così è chiaro, che due correnti di disequilibrio molecolare debbono andare soggette alle due sopradette leggi, o che vadano amendue con una medesima direzione verso un punto una linea o una superficie; o che una vada donde l'altra si allontana.

Nessuna dunque delle cose che appartengono al cammino della elettricità resta senza spiegazione, allorchè si comprende bene la teoria, che *lo stato elettrico non è altro fuorchè il disequilibrio delle molecole*. Gli ostacoli, che incontra il cammino della elettricità, non solamente si rendono intelligibili, ma benanche si riconoscono necessari. Mentre al contrario, colla teoria di uno o di due fluidi imponderabili si debbono ammettere aperte contraddizioni per ispiegare tutti gl'intoppi, i

cangiamenti di direzione, ed ogni altra influenza che esercitano i corpi ponderabili sopra la elettricità.—Le stesse azioni mutue tra corrente e corrente per questa sola teoria si rendono intelligibili e chiare, perocchè non si saprebbe mai comprendere, come fluidi sì sottili dovessero attirarsi o respingersi tra loro con tanta violenza, da doverne essere validamente smossi i corpi ponderabili.

CAPO II.

DELLA ISTANTANEITA' CON CUI CAMMINANO I TRE STATI ELETTRICO, LUCIDO, E CALORIFICO

§ 234 *Il disequilibrio molecolare può istantaneamente propagarsi a lunghissime distanze?—Lo stesso dubbio si può fare intorno al calorico ed intorno alla luce.—Si risponde affermativamente—La elettricità è la più grande forza dopo quella di attrazione.*

Io ben so la difficoltà principale, che mi si deve opporre. Come è possibile, che le molecole ponderabili si disequilibrino tra di loro con una sì prodigiosa istantaneità? L'elettricismo percorre le più lunghe distanze con una rapidità impercettibile. Potrebbero mai le molecole ponderabili subire un comune disequilibrio per le più lunghe distanze con una tale rapidità?—Io mi ho riservato in questo luogo a risolvere siffatta obbiezione. Anzi, siccome l'obbiezione medesima milita contro l'idea della trasmissione calorifica, e della vibrazione lucida per mezzo delle molecole ponderabili, riunirò tutti tre gli argomenti, e m'impegnerò a dimostrare, che *le molecole della materia ponderabile posson disequilibrarsi, posson vibrare lucidamente e trasmettere calorico a distanze lunghissime colla rapidità men percettibile.*

Ho avuto frequente occasione di parlare sulla necessità del

contatto degli elementi semplici tra di loro, e da quel principio ho ricavato conseguenza importantissima: che tutte le molecole dell'universo fanno unica massa, si sostengono a vicenda e si legano mutuamente (§ 4, 9). La eterogeneità delle molecole da una parte è necessaria (§ 7), dall'altra parte è cagione di disequilibrio tra le molecole medesime, il quale disequilibrio diviene poi cagione di moto (§ 20). Or, prima che incominci un movimento o tra molecole o tra aggregati, bisogna che venga progressivamente a svilupparsi uno stato di disequilibrio, tacito, è vero, perchè non accompagnato da moti apparenti, ma nello stesso tempo vigoroso ed energico, perchè esso accresciuto sino all'ultimo grado è cagione di movimento.

Sotto questo punto di vista la elettricità, che corrisponde a qualunque specie di disequilibrio molecolare (§ 200), prende il posto più importante tra tutte le forze della natura. Qualunque movimento, qualunque cangiamento di stato tra le molecole, sono effetti di un precedente disequilibrio, perciò sono effetti di elettricità. La forza più grande in tutta la natura senza dubbio è quella dell'attrazione, qualora sotto questo nome s'intenda, come intender si dee, il totale risultamento di tutti i necessari contatti delle molecole tra loro (§ 11). Dopo questa gran forza che tiene uniti gli elementi mondiali, l'altra maggior forza è quella della necessaria eterogeneità molecolare, cagione primitiva di ogni disequilibrio, di ogni movimento, di ogni disunione di elementi.

§ 235 *La forza di attrazione di qualunque massa agisce istantaneamente e contemporaneamente in tutti i punti del mondo—Con tutto ciò, gli effetti dell'attrazione si misurano bene per mezzo delle masse e delle distanze, dei tempi e degli spazii.*

Or che si dovrebbe rispondere a colui, il quale domandasse così: l'effetto dell'attrazione si può istantaneamente pro-

pagare sino alle più lunghe distanze?—Siccome l'intero universo forma per necessità una sola massa concatenata in tutte le sue parti, così ognuna di esse parti sostiene su di sé l'attrazione immediata di quegli elementi e di quelle molecole che la circondano, e sostiene nello stesso tempo l'attrazione mediata di tutti gli elementi del mondo, i quali concatenandosi a vicenda, uno sull'altro si appoggiano. Bisogna perciò dileguare dalla mente un gran pregiudizio. Noi siamo avvezzi a misurare il cammino delle forze della natura con idee tutte meccaniche; e come i corpi si muovono da un punto ad un altro percorrendo degli spazii in tempi determinati; così qualunque forza della natura ci sembra doversi muovere dentro spazii e tempi determinati. Ma non tutte son così le forze della natura.

Le forze meccaniche trovano inciampi ed ostacoli meccanici, i quali debbono essere vinti a linea a linea per così dire; e perciò la loro velocità si misura con tempi determinati e sensibili. Ma le forze, che riguardano il contatto universale degli elementi del mondo, sono forze universali insieme ed istantanee; perocchè in ogni istante, e senza divisione di tempo, tutti gli elementi del mondo star debbono in necessario contatto. Laonde il risultamento di tutte le forze unite, che compongono l'attrazione universale, è permanente ed istantaneo. Nè si deve credere, come volgarmente si è creduto, che la forza di attrazione parta da una massa e vada ad un'altra percorrendo tempi e spazii determinati, ma la forza di attrazione è permanentemente esercitata da ognuna delle masse sopra tutte le altre, mercè le masse intermedie. Siccome, esistendo appena la riunione degli elementi, esiste l'attrazione (§ 11); e siccome gli elementi non possono mai stare disuniti, perchè il vuoto assoluto ripugna (§ 4), perciò la forza di attrazione si esercita contemporaneamente, ed in tutti gl'istanti, nei luoghi tutti del mondo.

Ciò non pregiudica al costume della scienza umana, che misura gli effetti dell'attrazione sulle ragioni delle masse e

360 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO II.

delle distanze, degli spazii e dei tempi percorsi. Imperciocchè altro è dire, che la forza di attrazione vada camminando in proporzione di masse e di distanze, e percorra tempi e spazii, altro è misurare gli effetti di quella forza secondo le proporzioni sudette. Il primo concetto è erroneo, il secondo, non solamente reca utile alla scienza e corrisponde ai calcoli ed ai fatti, ma è ontologicamente vero in tutta la sua estensione; perocchè, se si voglia dividere il risultamento generale dell'attrazione nei risultamenti parziali, ognun di questi corrisponderà alla massa ed alla distanza, e perciò sarà proporzionale ai tempi ed agli spazii.

§ 236 *Il disequilibrio molecolare si propaga istantaneamente come l'attrazione—Differenza tra il movimento meccanico ed il cammino del disequilibrio molecolare—Le resistenze, che incontra il secondo, sono assai minori di quelle che incontra il primo.*

Applichiamo queste riflessioni ai casi del disequilibrio molecolare.—Ogni qual volta per cause chimiche, fisiche, o fisiologiche si perturba lo stato di equilibrio naturale delle molecole, viene ipso facto a cangiarsi, non la legge dell'attrazione, ma la proporzione dell'attrazione che fra esse regna. Onde un disequilibrio, arrivato ad un grado massimo, genera per sè rottura precaria di attrazione e movimento. Il movimento non è qualche sostanza reale, non è qualche cosa che passi da un corpo ad un' altro (§ 20); nè la legge dell'attrazione viene a cessare per di lui causa, anzi il movimento è un'effetto dell'attrazione medesima. Solamente si ha, che un corpo, totalmente disequilibrato con quelli che lo circondano, se ne distacca e corre tanto, che trovi nuovo equilibrio. Ora qualunque corpo nella sua corsa contrae relazioni di attrazione coi corpi sui quali passa: quindi il ritardo ed il successivo suo cammino, che giustamente si calcola per spazii e per tempi.

Dissi però, che ogni movimento è preceduto da uno stato

di disequilibrio molecolare (§ 200), il quale è come lo stato incoativo di quello che deve succedere. Tutto quello, che riguarda lo stato di equilibrio delle molecole, è istantaneo, come è la legge dell'attrazione che forma l'equilibrio delle molecole medesime. Non è necessario, che esse abbandonino il loro posto, affinchè si disequilibrino a vicenda: perciò la resistenza, che incontra la propagazione del disequilibrio molecolare, non è quella stessa resistenza, che incontra un corpo il quale si muove. Spiegatosi in un punto lo stato di disequilibrio, necessità è che si propaghi sino all'ultime distanze con quella stessa istantaneità con cui si attraggono tra loro: imperciocchè l'universo intero costituisce un solo sistema in virtù del mutuo contatto di tutte le sostanze semplici; ed appena una sola di queste sostanze si disequilibra dalle sue vicine, tutta la immensa massa deve risentire l'effetto, anche minimo, di quel disequilibrio.

Non dico perciò, che il disequilibrio molecolare non deve incontrare resistenza in nessuna guisa, perocchè, come ho detto altrove (§ 212), le molecole di alcuni corpi sono ben disposte a disequilibrarsi; altre sono saldamente equilibrate, e con difficoltà cangiano stato di equilibrio. Per conseguenza alcuni corpi sono conduttori, altri coibenti o semicoibenti. Lo stato di disequilibrio molecolare sui buoni conduttori deve propagarsi con rapidità incalcolabile, per causa che, essendo tutte le molecole disposte al disequilibrio appena una di esse non è più in equilibrio coll'altre, il sistema, generale è già turbato. Questo è come una bilancia, dove si sieno collocati in mutuo equilibrio due grandi pesi: se si aggiunga il più piccolo peso da una delle due parti, non si turba porzione dell'equilibrio, ma si turba tutto, ed in un solo istante.

Nulla dunque vi ha di meraviglioso, quando lo stato elettrico, prodotto in un capo di lunghissimo conduttore, si trova quasi contemporaneamente esistente nell'altro capo. La meraviglia sarebbe allora, che il disequilibrio molecolare dovesse

362 LIBRO III, SEZIONE II, CAPO II.

muoversi di luogo a luogo come si muovono i corpi; perocchè allora tutte le continue e successive resistenze lo tratterrebbero, lo affievolirebbero, lo annienterebbero. Laonde reca più meraviglia, che i Fisici, per ispiegare la prodigiosa rapidità del cammino elettrico, abbian voluto supporre un fluido trasmigrante, il quale (sia imponderabile quanto si voglia) sempre deve cacciare innanzi le sue molecole, facendole strisciare sulle molecole ponderabili.

§ 237 *Paragone della diversa eslerità di cammino tra il disequilibrio elettrico, la vibrazione lucida, la vibrazione trasmettitrice del calorico, e la propagazione dello stesso calorico.*

Lo stato di disequilibrio molecolare cammina con una rapidità forse superiore allo stato di vibrazione, mercè della quale si genera la luce e si trasmette il calorico; imperocchè la mancanza di equilibrio vien risentita più presto di ogni altra cosa nei sistemi omogeneamente equilibrati. Nulladimeno, in altri sistemi eterogenei equilibrati il mancamento dell'equilibrio può essere risentito con maggiore ritardo. E per tal ragione i corpi di natura eterogenea conducono meno lo stato elettrico; e sono semicoibenti o coibenti.

Anche le vibrazioni hanno tal natura, che su certi corpi più omogenei si eseguono con maggior facilità, mentre sui corpi eterogenei s' involucrano in mille direzioni contorte ed intralciate, di modo che la forma lucida si estingue (§ 168).

La propagazione del calorico cammina pure con maggior facilità sui corpi omogenei, ma essa è più lenta assai della vibrazione lucida, e moltissimo più lenta del cammino elettrico. La ragione si è, che la dilatazione della densità molecolare trova continuamente ostacolo sulle molecole ancora non dilatate; e quell'ostacolo fa sì, che essa si propaghi quasi con quella stessa lentezza, con cui un corpo si muove per entro ad altri corpi. Laonde la velocità della propagazione si può calcolare per tempi e per spazi.

Non è così della trasmissione calorifica. Dissi a suo luogo (§ 181), che siffatta trasmissione si effettua, non già per vera e successiva dilatazione delle molecole trasmettenti, ma per semplice moto vibratorio delle medesime. Perciò la vibrazione trasmettitrice del calorico ostenta la stessa natura della vibrazione lucida (§ 185). Or la vibrazione lucida è l'effetto di un movimento di rotazione impresso energicamente nelle molecole ponderabili, che si divide in due semirotazioni contrarie, e costituisce l'onda lucida. Sotto cotai movimento le molecole non perdono il rispettivo loro posto, ma la semirotazione di una è cagione della contemporanea semirotazione di tutte le altre, che sono con essa in contatto. Laonde il cammino della vibrazione lucida, come ancora il cammino della vibrazione trasmettitrice del calorico, non sono da equipararsi al cammino meccanico dei corpi, allorchè si muovono dentro altri corpi. Quelli debbono distaccarsi dalle relazioni e dagli attaccamenti che incontrano nel successivo loro cammino, debbono stringere momentaneamente dei novelli rapporti, debbono fare che altri corpi rompano le loro relazioni e si mettano in rapporto con essi: perciò il complesso degli ostacoli e delle resistenze è molto grande, la velocità vien ritardata, e si lascia misurare per tempi e spazii sensibili. Al contrario le vibrazioni, non altrimenti che ogni altra specie di disequilibrio molecolare, non cangiano le relazioni mutue delle molecole, ma soltanto ne turbano il rispettivo loro equilibrio. Ed in generale si può stabilire per massima, che ogni *turbamento di equilibrio* *devesi istantaneamente propagare a distanze le più lunghe, meno che la speciale struttura di alcune molecole non disposte al disequilibrio non venga a ritardarlo, ad arrestarlo, ad estinguerlo del tutto.*

§ 238 *Come si possa misurare il cammino della elettricità, della luce, e del calorico.—Il loro cammino è istantaneo in quel senso, che noi non possiamo percepirlo materialmente.—Del modo in cui si estingue il disequilibrio elettrico.*

Per tali ragioni il cammino della elettricità e della luce, non meno che la trasmissione del calorico sono cotanto istantanei, che non se ne possono sensibilmente paragonare i tempi cogli spazii. E se si vuol pervenire a qualche risultamento preciso, bisogna prostrarre le misure alle più lunghe distanze: la qual cosa intorno alla elettricità non si è potuta fare, perchè non può l'arte umana formare fili conduttori di milioni di miglia; ma riguardo alla luce ciò si è ottenuto, conciossiachè dalla immensa distanza in cui si trovano collocati il Sole, i pianeti e le stelle, muovono per tutta la massa sottile della materia intermedia infiniti fili di vibrazioni lucide, e mercè di essi ci acquistiamo le misure della velocità della luce, confrontando i lunghissimi spazii coi tempi brevissimi in cui la luce li trapassa. I Fisici eziandio han misurato il calorico che si trasmette alla Terra dalla immensa volta degli spazii celesti, ed il Pouillet crede, ch'esso sia eguale a -162° . Il tempo però, che impiega a trasmettersi, è uguale a quello, che la vibrazione lucida impiega a venire da quei lontanissimi spazii.

Nessuno s'ingannerà sulle mie espressioni, quando ho detto, che tutti i perturbamenti di equilibrio molecolare si propagano istantaneamente; perocchè con tali proposizioni ho inteso solamente significare, che per le nostre ordinarie distanze il tempo del loro cammino non sia sensibilmente percettibile: laonde, se arriviamo a misurare la velocità della luce, vi arriviamo per mezzo di calcolo, e non per mezzo di sensazioni immediate.

La elettricità si estingue per tutte quelle cause che impediscono il disequilibrio molecolare, le quali propriamente si

riducono a due: la totale indisposizione delle molecole ad essere disequilibrate, e la riunione dei due disequilibri di natura contraria. Però una forte carica di disequilibrio vince qualunque indisposizione delle molecole: infatti i corpi più coibenti sono vinti dalle forti tensioni elettriche (§ 230). La riunione poi delle due elottricità contrarie produce la estinzione dello stato elettrico, ma nel momento che la riunione si effettua, suole succedere il così detto *contraccolpo*, perocchè ogni disequilibrio genera per antagonismo un disequilibrio contrario vicino a sè (§ 204), e perciò, nel mentre i due contrarii si riuniscono, gli altri successivamente vanno ad estinguersi a vicenda, e si rimette in tutti l'equilibrio.

SEZIONE III.

DEGLI EFFETTI DELLO ELETTRO-MAGNETISMO

Il disequilibrio di poche molecole non sarebbe per sè solo sufficiente a produrre veruna specie di effetto sensibile; ma il disequilibrio di molte molecole, quando è arrivato agli alti gradi, è capace per sè solo di produrre effetti manifestamente sensibili. Egli è chiaro, che io nella presente Sezione non mi occupo punto degli effetti oscuri ed insensibili dell'elettricità, ma solamente di quelli, che lasciano tracce apparenti, e si possono riconoscere per mezzo dei sensi. Gli effetti di tal natura sono meccanici, fisici, chimici e fisiologici. Qui non parlerò dei fisiologici, perocchè dovrò trattarne nell'enunciato mio lavoro sulla Innervazione.

CAPO I.

EFFETTI MECCANICI DELLO ELETTRO-MAGNETISMO

§ 239 *Come il disequilibrio elettrico possa produrre degli effetti meccanici—Particolarmente li produce sulle superficie—Giunge a trasportare dei grossi corpi.*

Il disequilibrio molecolare ha una tendenza a convertirsi in uno stato di equilibrio, ed in forza di tale tendenza sembra avere una continua affinità verso il disequilibrio molecolare di natura e direzione opposta. Siffatta tendenza è la cagione immediata di tutti i movimenti meccanici, che si attribuiscono alla elettricità.

Quando un disequilibrio molecolare non giunge sino al suo più alto grado, le molecole non cangiano il rispettivo loro posto, ma si rimangono mutuamente attaccate. Quando il disequilibrio cresce assai, quando non è poca la estensione delle molecole disequilibrate, ma un gran numero di disequilibrii vanno tutti a piombare sopra taluni determinati punti, allora le molecole che ivi sono, soffrono, per così dire, centuplicatamente la violenza del disequilibrio di tutte le altre, e perciò sono meccanicamente distratte, avulse dalle molecole con cui erano congiunte.

Siccome il disequilibrio molecolare prende l'ordinario suo cammino sulle superficie eterogenee (§ 228), perciò la maggiore di lui forza viene per lo più esercitata in una forma di *abrasione* sulle superficie medesime. Una energica scarica elettrica colpisce interamente le superficie metalliche, le abrada e le porta via. Ciò si osserva particolarmente col fulmine.—Nulladimeno la forza del disequilibrio può esser tanta, la sua scarica sì violenta e sì rapida, che un grosso corpo conduttore può esserne investito in tutta la sua circonferenza; ed

in tal caso egli è distaccato di un colpo, ed è portato via. Spesso si son vedute masse enormi di ferro trasportate dal fulmine a distanze molto lontane. La direzione, che prendono queste masse sotto la violenza della forza elettrica, dipende in tutto dalla direzione della corrente.

§ 240 *Come mai il disequilibrio elettrico ha tanta forza da poter trasportare dei grossi corpi? — Perchè piuttosto non li scioglie chimicamente, o pure non li liquefa? — Si risponde all'uno e all'altro dubbio.*

Parrebbe inconcepibile, che il semplice disequilibrio delle molecole di una massa di ferro (alto per quanto si volesse) dovrebbe aver la forza di sollevare peso sì ingente, e di trasportarlo con una velocità appena credibile. Inoltre il disequilibrio delle molecole dovrebbe piuttosto produrre la loro rispettiva fusione, dovrebbe metterle in istato chimico, non mai in istato di movimento meccanico.

Rispondo ad amendue le difficoltà. E primieramente, il solo disequilibrio delle molecole di una massa di ferro non basterebbe mai a sollevarla in alto ed a trasportarla, se su di essa non andassero a piombare, come un'immenso torrente, tutte le forze de' disequilibrii molecolari accumulati sopra le più vaste estensioni. Lo stato elettrico, che si può produrre in un corpo solo, non è mai bastevole per distaccarlo dalle relazioni di gravità che esso ha col centro della terra, e per metterlo in movimento. Ma, quando i disequilibrii di molti corpi vengono a cumularsi sopra di un solo, allora la forza disequilibratrice è massima, e la violenza è sufficiente a produrre i più rapidi ed energici movimenti. Ma affinchè ciò avvenga, è necessario, che la corrente elettrica sia tutta di una specie; perocchè quando i disequilibrii molecolari sono di natura opposta, in quel punto dove si congiungono, si compensano mutuamente e si estinguono.

In secondo luogo, è verissimo, che lo stato elettrico giunto

ad alto grado è cagione ordinaria di chimismo; ma è necessario che le molecole, sulle quali egli è, sieno per sè disposte a risolversi, ed a subire la chimica decomposizione. Quando però le molecole investite da un forte stato elettrico sono per loro intima disposizione non idonee ad entrare nello stato di chimismo, allora la corrente elettrica non può decomporle, e talvolta non può nemmeno disciogliere la loro coesione. Perlocchè essa in tal caso opera su tutta la superficie del corpo in cui si scarica, e quel che non può sulle singole molecole, lo fa sulla intera loro massa, dividendola dalle altre masse circostanti, e trasportandola. Il ferro ha una tale composizione molecolare, che per nessun mezzo elettrico ha potuto finora essere decomposto. Inoltre la coesione delle sue molecole è fortissima, e bisognano i più alti gradi della dilatazione calorifica per poterla risolvere. Perciò la corrente elettrica non può operarne la decomposizione, nè può liquefarlo in quel brevissimo tempo in cui lo assalta.—Lo decomporrebbe col fatto, opure lo renderebbe liquido, quante volte sul detto ferro la corrente elettrica venisse ad incontrarne un'altra in senso contrario, come avviene nei fili metallici che si pongono tra i due poli della pila:

§ 241 *Movimenti dei corpi elettrizzati, non essendo fissi. — Attrazioni e repulsioni elettromagnetiche. — Perchè le attrazioni magnetiche pajono più vigorose delle semplici attrazioni elettriche?*

Altre sorti di effetti meccanici accadono mercè l'azione elettrica. Il conduttore, essendo mobile intorno a sè stesso, si mette in rotazione per alcune speciali azioni, che esercitano sopra il medesimo le altre correnti elettriche. In generale poi ogni corpo conduttore, quando non è fisso immobilmente, nel discaricarsi della sua elettricità, oscilla e si muove in modi serpeggianti. Ciò dipende dalla forza della tensione; imperocchè le molecole della superficie, essendo fortemente disequilibrate,

corrono verso altra superficie per trovarvi il compenso del disequilibrio antagonistico, e movendosi le dette molecole della superficie, traggon seco tutte le altre che sono con esse congiunte. Se la carica elettrica si rinnovella e si accresce di continuo sul conduttore, esso è obbligato oscillare e dibattersi, perocchè al momento che tocca la parte di un corpo e trova elettricità da potersi neutralizzare, per la continuazione della carica elettrica della stessa specie, deve rivolgersi ad una altra parte distante, dove possa ritrovare elettricità di specie contraria, e così da un punto all'altro.

Le attrazioni e le repulsioni elettriche, come altresì le attrazioni e repulsioni magnetiche, possono esser collocate tra la classe degli effetti meccanici della elettricità. La ragione di tali attrazioni e repulsioni è quella stessa per cui l'elettricità contrarie tendono a riunirsi, e le consimili si repellono (§ 207, 208). Si può dunque tenere per regola, che lo stato di disequilibrio molecolare opera un movimento sui corpi, quando vi si è fortemente sopraccaricato; ed il movimento si effettua nella stessa direzione della corrente, perocchè tende a ricongiungere i due stadi di disequilibrio contrario. Ma, acciòchè le attrazioni e repulsioni elettromagnetiche succedano con regolarità ed ordine, è necessario che il corpo conduttore, non che i corpi attratti e repulsi, non sien disposti a subire lo scioglimento chimico; altrimenti la scarica elettrica produce immediatamente il chimismo, e questo è causa di molte variazioni nella natura, quantità, intensità, e direzione della corrente.

Nel magnetismo non si trova una copia di elettricità molto poderosa; ciò non ostante, la calamita esercita attrazioni e repulsioni assai più energiche di quelle che produce una sufficiente carica di elettricismo. Infatti una macchina elettrica ben carica non ha la forza di attirare a sè un pezzo di ferro, come l'ha una calamita ancorchè picciola. I roofoi della pila esercitano pure un'azione magnetica sul ferro, e sugli altri così detti metalli magnetici, ma non mai in modo assai vigoroso.

Faraday ha spiegato felicemente tutti i fenomeni magnetici esercitati dai corpi conduttori mercè la elettricità che essi inducono nel ferro e negli altri metalli consimili. A questa ragione del Faraday si deve aggiungere la considerazione, che il ferro, e i così detti metalli magnetici, hanno tutti un'effezione assai forte per l'ossigeno, e perciò, essendo esposti all'aria, si van di continuo combinando più intimamente coll'ossigeno medesimo. Dalla quale lenta e continua combinazione chimica risulta in essi metalli un perenne svolgimento di elettricità, onde a preferenza di qualunque altro corpo sono attirati dalla calamita o dal conduttore elettrico, per neutralizzarsi a vicenda.

§ 242 *Azione meccanica ch'esercita il passaggio della corrente elettrica sui conduttori.—Trasferimenti di molecole a traverso dei corpi, senza che ne resti in essi verun vestigio.—Fenomeni meravigliosi non spiegati.*

Ho osservato Fusinieri, che l'entrata di una corrente elettrica sopra un ampio disco di metallo forbito produce in esso alcune depressioni microscopiche, ovvero alcune piccole prominenze molecolari, le quali denotano un deposito addizionale che ivi si sia fatto.—Or egli è chiaro, che l'azione violenta del disequilibrio deve premere le molecole del detto disco. In quanto poi al deposito addizionale di altre molecole, si deve dire, che il disequilibrio elettrico distacca alcune molecole da certi corpi, e le accumula sopra di altri. Lo stesso Fusinieri è di opinione, che la corrente elettrica può trasportare a traverso di un solido, p. e. a traverso di un disco di argento, le molecole di un'altro solido, p. e. le molecole di un pezzo di oro, di rame ec. Porett per lo meno ha dimostrato, che i liquidi possono essere trasportati da un polo all'altro della pila, e quel che è più, senza che se ne trovi il menomo vestigio nei punti intermedi.

Questi trasferimenti di molecole a traverso di altri corpi, senza lasciare in essi alcun vestigio, si osservano spesso dai Fi-

sici, ma con maggiore apeschezza e stupore si osservano dai Patologi e dagli Anatomisti Chimici. Imperocchè si sa in Patologia, che alcuni umori nocui all'organismo dispariscono repente da un punto e vanno a far metastasi in un' altro lontano, senza che se ne ritrovi la menoma traccia nei punti intermedi: i revulsivi e i derivativi, che si adoperano dai Medici, agiscono quasi sempre in questo modo; purnondimeno la Fisica non ha prestato a nessuno una teoria per ispiegare sì meravigliosi e sì interessanti fenomeni. E parimenti si osserva dagli Anatomisti Chimici, come l'osservava un tempo Bichat, che iniettando certe soluzioni saline dentro alcune arterie di cadaveri recenti, le stesse soluzioni si andavano a trovare dentro la cavità del torace, e propriamente venivano esalate dalle pleure, mentre nel lungo corso di tutte le arterie ed altre parti intermedie non si scorgeva siffatto alcun segnale di quelle soluzioni. Ed anche questo è un'altro fenomeno importante, che si collega coi precedenti, e che non ha spiegazione, perchè la Fisica non sa render ragione di niuna specie di tali trasferimenti.

Comechè tale argomento ha una connessione intima colla teoria elettrochimica che dovrò più sotto esporre, io mi propongo di parlarne collà.

CAPO II.

EFFETTI FISICI DELLO ELETTRICO-MAGNETISMO

§ 243 *Effetti calorifici prodotti dalla corrente elettrica. — Effetti frigorifici. — Si assegna la ragione degli uni e degli altri. — L'elettricità negativa si congiunge col maggior calore e coi corpi più dilatati.*

Gli effetti fisici dell'elettro-magnetismo si possono ridurre a

372 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO II

due principalmente: elevazione o abbassamento di temperatura, e apparizione di luce.

Appena si cominciarono ad ottenere le scintille elettriche, si venne nell'idea, che l'elettricismo può esser cagione di calorico. Ma poi questo stesso si vide apertamente, quando il filo di platino divenne incandescente posto tra i due roofori della pila, quando i metalli, che avevano sino allora resistito alle più alte temperature, furono immantinenti suoi, ed anche volatilizzati dallo incontro delle due correnti nella medesima pila.—Intanto Peltier ha fatto conoscere un'altro fatto che ha recato meraviglia: allorchè la corrente passa da un corpo men buono in un'altro ch'è miglior conduttore, genera sempre elevazione di temperatura; al contrario, genera abbassamento di temperatura, quando dal miglior conduttore passa nel meno buono. Perciò, se una verga di bismuto e di antimonio saldati insieme si trovi situata sul bulbo di un termometro ad aria, in modo che la saldatura stia propriamente sul bulbo, si vede il termometro salire o scendere, secondochè si fa andare la corrente dall'antimonio al bismuto, o da questo a quello.

Quest' ultimo fatto veramente singolare conferma in uno stesso tempo amendue le teorie, che lo ho stabilito intorno alla natura del calorico, ed intorno a quella dell'elettricismo. Il disequilibrio molecolare, che cammina lungo il bismuto, trova le molecole di questo ben disposte al disequilibrio, e perciò più dilatabili. Esse adunque si dilatano. E le molecole dell'antimonio meno disposte al disequilibrio prendono in antagonismo lo stato contrario della dilatazione, cioè si restringono. Per conseguenza si ha elevazione di temperatura sopra il bismuto, ed abbassamento sopra l'antimonio. L'opposto avviene, quando la corrente elettrica si fa passare dall'antimonio al bismuto, perchè essendo le molecole del secondo assai più disposte di quelle del primo a disequilibrarsi mutuamente lo stato di disequilibrio passa con maggior foga e con maggiore rapidità dal primo al secondo: perciò le molecole del bismuto sono più violentemente urtate, e per loro propria di-

sposizione si dilatano con maggior facilità. In tal caso il termometro ascende, perchè sul punto della saldatura incomincia la dilatazione calorifica delle molecole del bismuto.

Le cagioni del calorico son quelle che tendono a distrarre molecola da molecola, poichè sotto una tale distrazione è necessario, che la intera densità di ciascuna molecola si dilati per obbedire alla forza, che la tira verso di sè. Perciò è chiaro che l'elettricismo, cioè il disequilibrio molecolare, deve esser cagione di calorico: le molecole disequilibrate tendono a separarsi mutuamente, perlocchè incomincia tra loro una specie di distrazione, che le costringe a dilatare la loro interna densità.—Nello stesso tempo che alcune molecole si dilatano, altre per antagonismo si debbono restringere: ed anche il restringimento è una cagione di mutuo disequilibrio. Perciò si può dire senza tema di errore, che l'elettricismo, consistendo nello stato di disequilibrio delle molecole, deve cagionare innalzamenti ed abbassamenti di temperatura, secondo la disposizione che incontra nelle molecole medesime: riscalda quelle che sono più disposte a disequilibrarsi, perocchè in esse avviene la maggiore distrazione reciproca, e perciò il maggior dilatamento delle interne rispettive densità: all'opposto, raffredda quelle che sono men disposte a disequilibrarsi, perocchè esse, vieppiù stringendo la loro interna densità, viemmeglio tendono a rafforzarsi ed a ripigliare lo stato di equilibrio. Intanto è certo, che la coal detta elettricità *negativa*, la quale io ho chiamata elettricità *originaria*, si trova sempre sul corpo più caldo (§ 206), come altresì il polo negativo della pila si trova sempre più caldo del positivo. Le decomposizioni avvengono pursempre dal lato negativo, e le composizioni dal lato positivo, i corpi più composti passano sempre al positivo, i men composti al negativo. Ciò prova che la maggior dilatazione molecolare avviene al polo negativo più caldo, e la maggiore condensazione al polo positivo meno caldo.

§ 244 *Perchè l'elettricismo desti luce. — Perchè la luce elettrica abbia varii colori e direzioni. — Come i diversi corpi influiscano diversamente a colorare la luce elettrica. — Della fosforescenza che desta la detta luce in alcuni corpi.*

Tenuta presente la teoria della genesi della luce, è facile persuaderci che la elettricità nei corpi atti a vibrare deve per lo appunto cagionare la vibrazione lucida. La forza del disequilibrio non solamente fa che le molecole si distraggano una dall'altra, ma fa sì che esse ruotino rapidamente intorno al proprio asse. In tali rotazioni esse non perdono il proprio posto: perciò la vibrazione lucida ben si congiunge con quello stato di disequilibrio, che precede il movimento delle molecole e dei corpi. Non è necessario supporre, che esistano nell'aria dei corpi infiammabili, o delle materie combustibili, per ispiegare le scintille di una batteria, o l'immenso guizzo di un lampo. Anche nell'aria rarefatta, nei vapori, nei gas, e nello stesso vuoto barometrico, come osservò Cavendish, l'elettricità cagiona luce. In conseguenza, è il moto vibratorio prodotto in essi dalla elettricità quello che costituisce effettivamente la luce elettrica.

I colori della luce elettrica sono variabilissimi, come è variabile la tensione dell'elettricismo. Allorchè la tensione elettrica diviene debole per le frequenti scariche avvenute, il colore della scintilla è di un violetto dolce: però, se si allontana il conduttore, per fare che vi si accumul una maggior copia di elettricità, la luce alla nuova scarica passa dal violetto al bianco più vivo. Di questo e di tutti gli altri fenomeni consimili s'intende prestamente la ragione, riflettendo che un disequilibrio più forte deve per necessità cagionare un'arco di vibrazione più completo, e perciò luce bianca. Come però la forza del disequilibrio vien diminuendo, così va producendo tanti segmenti di arco sempre più piccoli, che son cagioni di tutti i colori dello spettro (§ 148).

Però la luce elettrica dura poco tempo di un sol colore , ma varia continuamente, ed eziandio si dirige per vie sempre tortuose. La ragione di ciò si è , che la corrente del disequilibrio, molecolare di momento in momento si scarica e si carica sempre in piccole dosi, per cagione delle tenui elettricità contrarie o simili, che va incontrando nell'aria piena sempre di corpicciuoli eterogenei. Perciò la sua intensità di momento in momento si accresce e si diminuisce, ed i colori variano in proporzione. Perciò ancora la sua via corre fra attrazioni e repulsioni continue, ed è tortuosa. Difatti nel vuoto la luce elettrica si diffonde quasi uniformemente , e con un costante colore rossiccio-violetto.

La scintilla benanche prende colori diversi passando per diversi gas, o scorrendo sulla superficie di corpi diversi. Nell'idrogeno è rossa e debole , nell'ossigeno azzurro-violetta , nell'ammoniaca e nell'acido solfidrico rossa, verdigna nei vapori di alcool e di etere , esce verde quando passa sulla superficie del rame o del cuojo inargentato, gialliccia sulla superficie di un' uovo caldo ec. Ciò prova, che le molecole di tali corpi colla loro immediata influenza fanno diversamente variare la intensità della vibrazione lucida che vien prodotta dal disequilibrio elettrico.

Finalmente il passaggio della scintilla elettrica ha benanche la proprietà di destare una fosforescenza durevole per alquanto tempo sopra taluni corpi , come nello zucchero in pane, nel solfato nativo di barite , che splendono di un bel verde ec. Becquerel ha osservato, che i fenomeni della fosforescenza dopo il passaggio della scintilla per lo più perdurano lungo tempo sulle ostriche calcinate. Tutti questi fatti dimostrano, che il passaggio della corrente elettrica, quando giunge a destare la vibrazione lucida , giunge benanche a destare per induzione nei sudetti corpi uno stato elettrico, che può similmente produrre per lungo tempo delle vibrazioni lucide, analoghe alla disposizione molecolare dei corpi medesimi.

§ 245 *Si spiega perchè sulle punte l'elettricità positiva produca un fiocco lucido, e la elettricità negativa una stelletta lucida.*

Un'altra considerazione si deve fare sulla forma che prende la luce, quando la elettricità esce dalle punte. La elettricità positiva presenta un fiocco lucido in forma dicono, avente il suo apice nella punta e la base dalla parte opposta. La elettricità negativa presenta sulla punta come una specie di stelletta ad angoli rientranti e salienti. Il fiocco e la stelletta sono due forme lucide, che rappresentano sensibilmente il modo disuguale in cui si propagano le due sopradette elettricità.

Un disequilibrio eguale per tutte le parti di un corpo, nell'uscire da una sola punta, si dilarga e si diffonde conicamente: perciò l'apice è sulla punta, e la base conica dal canto opposto. La stelletta formata da angoli salienti e rientranti fa vedere, che il disequilibrio molecolare non cammini sopra il conduttore in una forma cilindrica, o dimostra sensibilmente che essa viene alternativamente depressa in un punto ed esaltata in un'altro: perciò gli agoli rientranti e salienti. Ciò si conferma, qualora si rifletta che tutte le organizzazioni prodotte sotto l'azione del polo negativo hanno la forma di cellule radiate ed angolari; quelle però che son prodotte sotto l'azione della elettricità positiva, hanno la forma cilindrica; o di piccioli globetti, che sono tanti piccioli cilindri distaccati e chiusi.

La elettricità negativa, corrispondendo alla elettricità originaria, deve incontrare gli ostacoli più forti, i quali talora da essa son vinti, talora la vincono. Perciò dev'essere disposta in forma di stellette raggianti, che sono l'emblema dello sforzo, del mutuo contrasto, della vittoria e della perdita alternativa.

All'incontro, la elettricità positiva corrisponde a quella che io appellai antagonistica: perciò essa è generata da altra elet

tricità, e come tale è un effetto di corrispondenza necessaria, non istentata, non prodotta a forza, ed incontra i minori ostacoli. Per tal ragione essa si diffonde uniformemente ed in un modo cilindrico in tutto il conduttore, ed esce per la punta nelle apparenze di un fiocco.

CAPO III.

EFFETTI CHIMICI DELLO ELETTRO-MAGNETISMO

§ 246 *Della elettrolisi. — Ipotesi di Grotthus sul modo in cui avvenir può la elettrolisi dell'acqua. — Si combatte.*

Vengo in ultimo a discorrere degli effetti chimici, che produce l'elettro-magnetismo. Le prime idee sull'azione chimica dell'elettricità furono concepite quasi contemporaneamente da Volta, Lavoisier, e Laplace; ma toccò a Davy mettere in piena luce l'azione decomponente, che esercita la pila sui corpi, i quali resistono a qualunque reattivo chimico. Costui aperse ai Chimici una carriera luminosissima mercè la elettrolisi dei corpi composti: il sodio, il potassio, il bario, il calcio, l'ittria, il glucinio ec. si ottennero un dopo l'altro per mezzo dell'azione chimica della pila sulla soda, sulla potassa, sulla barite, calce, ittria, glucinia ec.

La prima decomposizione, che fu osservata con maggiore attenzione e con meraviglia universale dei Chimici, fu la decomposizione dell'acqua per mezzo della elettricità. L'ossigeno raccoglievasi al polo positivo, l'idrogeno al negativo. — Molte ipotesi furon poste innanzi per dare una spiegazione a questo singolare fenomeno; ma quella che ottenne maggior suffragio, e ch'è generalmente ricevuta pur tuttavia, è la ipotesi di Grotthus. Secondo costui, nell'atto che un atomo di ossigeno diventa libero, i due atomi d'idrogeno, che erano con esso combinati nella molecola aqua, reagiscono sopra un'altra mole-

378 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO III.

cola di acqua vicina, le tolgono un atomo d'ossigeno, e ricompongono un'altra molecola di acqua: ma questa viene parimenti decomposta, ed essendo messo in libertà un altro atomo di ossigeno, gli altri due atomi d'idrogeno reagiscono sopra la seguente molecola aquea, e le tolgono un atomo di ossigeno: perciò si ricompone un'altra molecola di acqua; la quale viene parimenti decomposta, e così via via sino al polo negativo. Sul quale, altro non resta che tutto l'idrogeno libero.

Ma la ipotesi di Grotthus contiene difficoltà molto gravi, e non ispiega punto la realtà del fenomeno. Secondo lui, al polo negativo non si opererebbe nessuna decomposizione chimica, ma vi sarebbe soltanto una porta per dare libera uscita all'idrogeno. La qual cosa è contraria ai fatti, mentre le decomposizioni chimiche non si effettuano per la maggior parte al polo positivo, ma al negativo.—Inoltre, se un atomo d'ossigeno vien messo in libertà sul polo positivo, perchè mai i due atomi d'idrogeno rimasti liberi debbono reagire sulla molecola di acqua vicina? perchè non possono immediatamente volatilizzarsi mercè la loro specifica leggerezza? E come mai, reagendo sulla molecola di acqua vicina, possono appropriarsi l'atomo di ossigeno che la medesima contiene, se quello è trattenuto da altri due eguali atomi d'idrogeno? Affinchè un reagente chimico operi sopra una sostanza e la disciolga da un'altra, è necessario che esso abbia per quella sostanza una maggiore affinità: ora due atomi d'idrogeno non possono avere per un atomo di ossigeno affinità maggiore di quella, che per esso hanno altri due atomi d'idrogeno. Perciò non vi ha ragione, che due atomi d'idrogeno liberi levino un atomo di ossigeno a due altri atomi d'idrogeno, che lo trattengono chimicamente combinato. Finalmente, se si ammettesse l'ipotesi di Grotthus, si dovrebbe vedere l'idrogeno sul polo negativo, allorquando la decomposizione dell'acqua fosse giunta almeno alla metà della pila, perchè allora solamente tutta quella dose d'idrogeno, che si trovava nell'acqua decomposta dal polo positivo, potrebbesi allacciare sino al polo negativo. Ma questo è pure contrario

alla esperienza: appena si affaccia il primo atomo di ossigeno sul positivo, si ritrovano sul negativo altri due atomi d'idrogeno.

Quello eh'io dico dell'acqua, si può intendere con eguale ragione di tutte le soluzioni alcaline o acide, e di tutte le soluzioni saline, delle quali si può operare la elettrolisi per mezzo della pila.

§ 247 *La elettrolisi si può effettuare in tutti i punti della pila — Modo in cui le correnti elettriche si dirigono nella pila — Come il disequilibrio elettrico produca la decomposizione molecolare.*

Bisogna dunque ricorrere ad una spiegazione più ampia, che possa nello stesso tempo abbracciare il fenomeno della elettrolisi, ed il trasferimento delle diverse molecole a traverso di altri corpi senza lasciarvi alcuna traccia (§ 242). — Prima di tutto bisogna premettere, che la elettrolisi si effettua tanto con molte coppie, quanto con poche coppie, ed anco con una, quando le due superficie eterogenee, che vengono a contatto col liquido, sieno molto larghe. Perciò la elettrolisi non si esercita unicamente sopra i due poli della pila, ma si effettua in tutti quei punti della medesima, dove vi ha contatto di sostanze eterogeneo, e sviluppo di elettricità. Ai due poli null'altro si trova, se non che il raccoglimento degli elementi, che già si sono decomposti in tutti i punti della pila.

Or io dimostrai (§ 221), che i due contrarii disequilibrii elettrici, i quali si sviluppano in tutti i punti della pila, non possono tra di loro neutralizzarsi, ma si dispongono alternativamente l'uno appresso l'altro, incatenandosi il primo col'ultimo in forma di un circuito: perciò si tratteggono a vicenda, e s'impediscono a vicenda la mutua ricomposizione. Nello stesso tempo i due disequilibrii contrarii si dirigono per due contrarii punti; e perciò ne nascono tante correnti

380 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO III.

alternativamente opposte, che si attorcigliano una coll'altra, come i giri di elica. La forma spirale favorisce il movimento delle correnti contrarie, perocchè una non dà impaccio all'altra: ma procedono avviticchiate; e nello stesso tempo tutti i nuovi movimenti elettrici, che vengono ad esser generati lungo la pila, trovano subitamente il loro posto nella inclinazione spirale dell'una o dell'altra corrente.—Ciò posto, ecco quello che io debbo soggiungere intorno alla vera natura della elettrolisi.

Un piccolo disequilibrio elettrico basta appena a poter distrarre una molecola da un'altra: ma, quando il disequilibrio elettrico è accresciuto da molti punti, le molecole non solamente soffrono distrazione, ma rompono per necessità il sistema degli elementi da cui sono composte, e perciò avviene la chimica loro decomposizione. La quale alla sua volta è cagione di accrescersi disequilibrio sulle molecole seguenti, perciò quelle sono divise e scomposte con maggiore energia, e così di seguito.—Affinchè si effettui questa specie di decomposizione chimica, bisogna che i liquori posti nella pila sieno veramente disposti alla chimica decomposizione: taii sono le acque acidule e le acque salate, di cui soglionsi inumidire le piastre metalliche.

§ 248 Come le molecole decomposte si trasferiscano insieme colle rispettive correnti della pila — La elettrolisi di alcune sostanze assai resistenti si effettua, non sulle piastre, ma sui rofori della pila.

Disciolti che sono gli elementi delle molecole, o per dir meglio, disciolte che sono le molecole dei corpuscoli sottoposti all'azione delle piastre metalliche, le medesime molecole disequilibrate, rotte tra loro, e portate in contraria parte, sono ognuna per la sua via urtate dalla corrente del disequilibrio, che da ogni dove si accresce. In conseguenza, le molecole di una specie involte dentro la corrente di elettricità

positiva, si avvolgeranno colla corrente medesima in tante spirali, mentre le altre molecole, venute in balla della corrente negativa, correranno a fianco a quelle le spirali contrarie; finchè in ultimo le une e le altre si troveranno raccolte insieme colle rispettive correnti sopra i due opposti roofori della pila.—Per accertare la verità di tutto ciò, basta intercettare le spirali contrarie, che si formano intorno alla colonna della pila: se a tale oggetto si adoperano delle sostanze totalmente coibenti, si veggono talvolta raddoppiati i roofori, talvolta mutate le direzioni, ed accresciuta o diminuita la intensità delle loro correnti, secondochè s'intercettano in tutto o in parte, verticalmente o orizzontalmente, in uno o in più luoghi, le contrarie correnti che si avvolgono ad elica intorno alla pila.

Ma la elettrolisi di alcune sostanze ben resistenti alla decomposizione chimica non si effettua sulle piastre della pila, bensì sopra ognuno dei due poli, per la massima forza che ivi si trova raccolta dall'accumulazione di tutte le correnti spirali di una medesima specie. Ed in tal caso le molecole di contraria specie prendono della stessa maniera due contrarie direzioni, avvolgendosi ciascuna nella propria corrente, e trasferendosi da un polo all'altro per la sopradetta via.

§ 249 *Scoperta di Faraday intorno all'elettrolisi degli equivalenti chimici.—Opinione di Ampère sulla identità dell'attrazioni elettriche e delle affinità chimiche — È stata combattuta—Opinione di Berzelius sullo stesso oggetto.*

Faraday ha piantato la gran legge, che venendo operata da una corrente la elettrolisi di diverse sostanze, se ne ottengono le precise proporzioni dei loro equivalenti chimici. Questa è una legge tanto vera, quanto che prova in tutta la sua estensione che, nel disequilibrarsi a vicenda gli equivalenti chimici i quali componevano un corpo, subito seguir ne dee la loro decomposizione, e le parti risultanti debbono corri-

spondere esattamente al numero degli equivalenti medesimi. Dunque la elettrolisi non è altro, che il disequilibrio ed il consecutivo discioglimento degli equivalenti chimici.

Ampère aveva immaginato, che ognuno degli atomi fosse circondato da un'atmosfera di elettricità propria, o positiva o negativa, e che questa atmosfera per influsso producesse intorno a sè un secondo involucro di elettricità contraria. Col l'aiuto di questa ipotesi fondamentale Ampère pretendeva spiegare il calorico e la luce, che si sviluppano in moltissime combinazioni chimiche; voleva spiegare la strettezza di unione che si scorge tra alcuni elementi, e la ragione per cui talvolta un elemento è disciolto da un altro; voleva finalmente spiegare per qual motivo la pila, con addurre molta elettricità intorno a ciascuna molecola, venga a mettere i loro rispettivi elementi nello stato di libertà. Tutto, secondo lui, dipende dal distruggersi, dal neutralizzarsi, o dal restituirsi al primitivo stato le atmosfere di elettricità propria di ciascuno elemento.

Ma una moltitudine di fatti predicavano falsa la teoria, che ogni molecola avesse intorno a sè un'atmosfera di elettricità propria; imperocchè si sa, che alcune sostanze fanno da positive con un corpo, da negative con un altro, e viceversa. Così lo zolfo la fa da negativo, quando si combina col rame; ed al contrario, esercita la funzione di positivo, quando si combina coll'ossigeno. Qual'è dunque la elettricità propria dello zolfo? l'una o l'altra? o nessuna delle due?

Berzelius ha sostituito a questa ipotesi un'altra certamente più ingegnosa, ma appoggiata pur sempre alla ipotesi di due fluidi elettrici imponderabili. Egli suppone, che ogni elemento sia come le turmaline, le quali hanno la proprietà di tener le due elettricità contrarie in due contrarii poli. Dippiù egli dice, alcune molecole han la proprietà di dar passaggio ad un solo dei due fluidi, altre ad ambidue. Da ciò ripete la tendenza che hanno ad unirsi i poli contrarii di due elementi, da ciò la repulsione di tutti i poli consimili. E siccome alcune

molecole danno costante passaggio ad una sola specie di elettricità, perciò esse si hanno costante affinità, oppure costante repulsione. Qualunque forza, che basti ad operare il rovesciamento dei poli degli elementi, basta per dissolverli, cangiando insieme coi poli le loro mutue attrazioni; e basta altresì per congiungere gli elementi divisi, facendo mutare insieme coi poli le loro repulsioni.

§ 250 *Obbiezione contro l'opinione di Berzelius—Si procura di rispondere con principii appoggiati all'esperienza di Ermann—Si rigettano tali risposte.*

Ma se i due fluidi elettrici stanno continuamente ai due poli di ciascuno elemento, com'è possibile, che un solo dei due fluidi possa ottenere il passaggio, mentre l'altro deve restare ignoto ed oscuro?—Si risponde, che Ermann ha veduto i due poli di una pila congiunti per mezzo di un filo metallico produrre la riunione dei due fluidi elettrici: al contrario, riuniti i medesimi due poli per mezzo di altre sostanze, ha veduto darsi passaggio alla corrente di una sola specie di elettricità, proveniente da un solo rooforo, mentre tutta l'altra elettricità si resta accumulata sull'altro.

Ma ciò dipende, siccome ben si vede, dalla speciale conducibilità, che hanno le diverse sostanze; imperocchè non tutte le molecole atte sono a disequilibrarsi in ambidue i modi contrarii, ma alcune sono più disposte a disequilibrarsi per una direzione, altre per una direzione opposta, ed altre per amendue le direzioni. Su quest'ultime possono passare, e si possono perciò ricongiungere, amendue le specie di disequilibrii contrarii. Sulle prime e sulle seconde non possono passare che disequilibrii elettrici di una sola specie.

Or, se ognuno degli elementi avesse ambidue i poli con amendue l'elettricità, perchè mai dovrebbe prevalere l'elettricità di un polo su quella dell'altro? Egli è impossibile, che gli effetti elettrici di un corpo, avente due poli, sieno tutti di

384 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO III.

una sola specie. Infatti nell'esperienza di Ermann si può dire, che la sostanza impiegata a congiungere i due poli, quando non dà passaggio fuorchè ad una sola specie di elettricità, serve come di continuazione al rooforo di quella stessa specie, ed è unipolare, sicchè le due elettricità vanno a congiungersi propriamente sull'altro rooforo. Dunque, ove sono due poli elettrici, è impossibile che non abbian passaggio; e non possano insieme unirsi le due opposte elettricità.

§ 251 *Sbaglio dei Chimici, che han preteso spiegare le attrazioni chimiche come effetti delle attrazioni elettriche — Le une e le altre si debbono riportare ad una più alta origine comune — Sotto qual senso si possa giustamente dire, che in ciascuna molecola vi sia elettricità, — ed anche le due elettricità polari.*

Ma bisogna rimontare più alto. Tutte le teorie elettrochimiche, che hanno avuto nascita da Davy in qua, sono state a bella posta dirette per unificare le attrazioni chimiche colle attrazioni elettriche, e lo scopo veramente è stato grande: or tanto più, che l'ambito delle speranze si è dilargato per le belle scoperte di Faraday sulla elettrolisi degli equivalenti chimici (§ 249). Ma, di grazia, si debbono le attrazioni chimiche spiegare per le attrazioni elettriche? si debbono spiegare l'elettriche per le chimiche? oppure tutte e due si debbono riportare ad una sorgente più alta? si debbono insieme spiegare per un principio comune, che dia origine alle une ed alle altre? — I Fisico-chimici hanno scelto la prima strada, han tentato di condurre le attrazioni chimiche all'elettriche, essendo ripugnante il dire che le attrazioni elettriche sieno chimiche, mentre le dette attrazioni elettriche avvengono pure fra i corpi che non hanno nessuna scambievole affinità. Io credo però, che bisogna tenere la terza strada, riconducendo l'elettriche e le chimiche attrazioni ad un'altra più alta sorgente.

Ho fatto già conoscere, che le affinità chimiche delle molecole dipendono esclusivamente dal numero dei loro elementi e dallo stato della loro rispettiva densità (§ 15, 16). Ripeto un'altra volta quello che diceva Pittagora: *il mondo è governato dai numeri*. L'equilibrio interno di ciascuna molecola dipende senza dubbio dal numero e dalla disposizione de' suoi componenti: laonde alcune molecole sono internamente, e per loro stessa costituzione, meglio sistemate di altre. Per la stessa ragione alcune molecole sono disposte a riunirsi con certune o non con certe altre; perocchè la riunione di taluni numeri produce un più saldo equilibrio, che dalla riunione di altri numeri non potrebbe esser prodotto giammai.

La ragione dunque delle attrazioni chimiche e dell'elettriche non si deve cercare altrove, che nel numero medesimo dei componenti delle rispettive molecole. Quelle, che per la loro composizione disposte sono a riunirsi con altre, sono già in uno stato di disequilibrio, in uno stato di tendenza, potrei dire in uno stato elettrico verso di quelle. Qual meraviglia, se l'une e l'altre, essendo vicine, essendo di fronte a fronte, si attraggano mutuamente, e si uniscano con durevole stabilità? Per questo riguardo si può dire, che ogni molecola è in uno stato elettrico, cioè in uno stato di disequilibrio, rispetto a quella con cui ha affinità: il rispettivo numero dei loro componenti è quello che le costituisce elettriche a vicenda, ed elettriche in due stati contrarii; perchè un disequilibrio tende a combaciare coll' altro, e perciò hanno direzioni opposte. Se si desse questa fondamentale veduta alla teoria di Berzelius, non sarebbe poi falso che in ogni molecola esiste elettricità.

Ed anche è vero, che in ogni molecola esistono i due poli contrarii; perocchè in ogni riunione di elementi vi si contiene il principio di un doppio disequilibrio, uno per la dilatazione, l'altro per lo restringimento, uno che tende a risolvere l'interno sistema della molecola e a decomporlo nelle sue parti,

386 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO III.

l'altro che tende a condensare vieppiù la molecola medesima e a rendere più intimo il congiungimento delle parti. E queste due tendenze sono opposte, sono veramente polari, non mai nel senso che una stia da un fianco e l'altra dal fianco contrario, ma nel solo senso che una va da dentro in fuori, l'altra da fuori in dentro. E già si sa, che i due stati di disequilibrio si suscitano a vicenda; perocchè la dilatazione di alcune molecole produce il restringimento di altre, e viceversa (§ 18).

§ 252 *L'elettricismo è più generale del chimismo. — Perchè? — L'elettricità grandemente accumulata produce analisi e sintesi chimiche, anche in quei corpi che per loro intime disposizioni molecolari non sarebbero inclinati nè all'una nè all'altra.*

Non è dunque da stupire, che le attrazioni chimiche sieno identiche all'elettriche, nè è da stupire, che l'elettricismo, come il chimismo, sieno cagioni di dilatazioni e di restringimenti nelle densità molecolari, donde poi nascono l'elevazioni e gli abbassamenti di temperatura. La sola differenza, che passa tra il chimismo e l'elettricismo, si è che il primo è più generale del secondo. Mi spiego.

Le affinità chimiche sono, come dissi (§ 15, 16), effetti del numero e della disposizione interna delle molecole: perciò il disequilibrio elettrico, che accompagna il chimismo e ch'è cagione delle sue attrazioni, si limita solamente a quelle molecole che hanno numeri e disposizioni di componenti veramente affini. Ma, oltre di questo elettricismo, ve ne ha un altro più generale, che riconosce cause più comuni e più vaste. Un' attrito, una compressione, un distaccamento, un'incontro d'inequali temperature, un contatto qualunque di corpi eterogenei basta per disequilibrare una vasta superficie di molecole: laonde il disequilibrio elettrico può nascere per tante

altre cause differenti da quelle, che producono le affinità chimiche.

È virtù poi di qualunque specie di elettricismo produrre, anche a viva forza, le analisi e le sintesi chimiche, dove pure non esistono particolari tendenze di affinità. Imperciocchè le molecole ben condizionate per numero di componenti, e salde per interno rispettivo equilibrio, sentir debbono per necessità la forza comprimente o distraente del disequilibrio generale che su di esse si rovescia; e perciò la loro interna saldezza viene a forza scrollata. Una dilatazione o un restringimento della intrinseca loro densità si mostra come segno dello stato elettrico in cui si trovano; e finalmente obbediscono alla forza, che le discioglie, e le ricombina.

Nè solamente le analisi chimiche, ma benanche le sintesi possono esser prodotte da una forte scarica di disequilibrio elettrico: la scintilla, che cade sopra due volumi d' idrogeno ed uno di ossigeno, nell'atto che fa una grave esplosione, genera l'acqua. Per conseguenza, il disequilibrio elettrico deve essere riguardato come una forza indifferente per sè stessa a produrre sintesi o analisi: sono appunto lo stato, il numero, la composizione interna, la giacitura delle molecole, che modificano gli effetti dello elettricismo; perocchè, dove la forza del disequilibrio trova da poter decomporre, decompone; dove trova da poter comporre, compone; dove trova da poter disciogliere e ricomporre allo stesso tempo, esiegue l'una e l'altra operazione.

§ 253 *Importanza dello studio sul vero numero dei componenti elementari dei corpi.—In che potrà giovare questo mio lavoro col quale ho combattuto la influenza dei eruditi Fluidi Imponderabili.*

Tutto dunque lo studio dei Chimici dovrebbe esser rivolto a trovare e determinare con esattezza il vero numero dei componenti elementari, conciosiachè da quelli ogni elettricismo

388 LIBRO III, SEZIONE III, CAPO III.

chimico dipende; ed in generale ogni altro elettricismo, accumulato per qualunque altra causa, produce sempre i suoi effetti chimici in ragione del numero e della disposizione dei componenti.

Confesso che volentieri mi darei allo studio di sì importanti ricerche, specialmente su le belle orme che ha battuto il Faraday; ma lo scopo di questo mio libro è stato quello di ridurre, per quanto più si poteva, ad unità teoretica tutti i fenomeni sinora attribuiti all'azione dei creduti Fluidi Imponderabili. Bisogna dunque, che lo lasci ad altri migliori e più fortunati ingegni la ricerca del vero numero dei componenti chimici, perocchè da quelle ricerche dovranno un giorno uscire limpide le ragioni di tutte le rispettive affinità molecolari, di ogni elettricismo chimico, delle varie elettrolisi e di ogni specie di chimica composizione. Nulladimeno io credo che questo mio lavoro, non grande nè per mole nè per idee, influirà moltissimo su tali ricerche future, perocchè è stato scopo mio levar di mezzo la creduta influenza di sostanze imponderabili, sostanze estranee al regno della materia, di natura misteriosa che sino al presente hanno servito ai Fisico-chimici per velare le ragioni e le origini di tutti quei fenomeni, che per mezzo della materia non han saputo spiegare. Or che gli effetti della elettricità non sono altri che effetti del disequilibrio molecolare, ben si vede e si comprende, quanto importi studiare il numero e la natura delle molecole per determinare i rapporti dei loro mutui disequilibrii, donde nascono le attrazioni e repulsioni reciproche, e donde hanno origine tutte le composizioni della natura.

EPILOGO DEL LIBRO TERZO

§ 254 *Le varie sorgenti e la natura dello elettro magnetismo, il suo cammino ora istantaneo or ritardato, i suoi effetti meccanici fisici e chimici dimostrano evidentemente, che esso non sia fluido imponderabile, ma che consista nel mutuo disequilibrio delle molecole ponderabili.*

Massima fondamentale di questo Terzo Libro è stata quella, che *la elettricità consista nel disequilibrio delle molecole*; perciò ho fatto vedere, che tutte le ordinarie sorgenti di elettricità, l'attrito, la compressione, il distaccamento, l'incontro d'ineguale temperature, il chimismo, qualunque specie di contatto tra superficie eterogenee, producono per effetto immediato il turbamento di equilibrio nelle molecole. Ho combattuto l'ipotesi di uno e di due fluidi elettrici, ed ho distinto apertamente lo stato di disequilibrio *originario* da quello di *antagonismo*: ho dimostrato, che le tensioni contrarie nascono dai due disequilibri contrariamente diretti, i quali aspirano per necessità naturale alla mutua loro ricomposizione; come altresì ho dimostrato, che uno stato di disequilibrio deve necessariamente riluttare ad ogni accrescimento di disequilibrio della stessa specie, e sotto tal riguardo ho provato evidentemente la insufficienza delle spiegazioni che danno i sostenitori di uno o di due fluidi elettrici.—Le ragioni della dissimulazione e della immensa carica elettrica, che si avvera per la interposizione dei corpi semicoibenti, sono state da me ricondotte alla teoria fondamentale dei due disequilibri contrarii, i quali si toccherebbero e si estinguerrebbero a vicenda, se all'uno ed all'altro il semicoibente intermedio disse liberamente il passaggio. Però le molecole del semicoibente, non essendo disposte a disequilibrarsi convenientemente, mantengono impegnati i due disequilibri contrarii, ma non li fanno mai riunire.—Finalmente ho dato una teoria sulle azioni magneti-

che, sulla polarità delle calamite naturali ed artificiali, ed ho detto, che i contrarii disequilibrii molecolari alternativamente collocati, tanto sulla calamita naturale, quanto sull'artificiale, trattengonsi permanentemente a vicenda: nello stesso tempo la elettricità del polo deprime, ma non estingue tutti gli altri strati elettrici contrarii, ed esalta perciò la sua sola specie di elettricità da tutto il suo polo sino all'equatore: lo stesso fa l'elettricità contraria dall'equatore sino all'altro polo.

Indi son passato ad esaminar le ragioni, per cui lo stato di disequilibrio elettrico vien condotto più perfettamente o meno. La maggior disposizione delle molecole al disequilibrio costituisce i buoni conduttori, la nessuna o pochissima disposizione i coibenti, la mediocre disposizione, dal grado minimo sino al massimo, tutti i semicoibenti.

Ho studiato il modo in cui l'elettricità si propaga, l'azione ch'esercita una corrente su di un'altra, perchè due correnti di disequilibrio si attraggano andando verso un punto, verso una linea, una superficie, o pure allontanandosene; perchè si repellano, quando una corrente vada secondo una direzione e l'altra in direzione contraria. Finalmente ho dileguato ogni difficoltà sul rapidissimo cammino del disequilibrio molecolare nei buoni conduttori, ed ho toccato le ragioni per cui il detto disequilibrio si estingue. — Possono mai essere fluidi imponderabili quelli che incontrano tanti ostacoli, e che si modificano ad ogni momento secondo lo stato e la disposizione delle molecole ponderabili?

In ultimo luogo ho rassegnato i principali effetti della elettricità; ho ricercato le ragioni, per cui il disequilibrio molecolare deve produrre azioni meccaniche sui corpi, le circostanze in cui le produce, le proporzioni, il tempo ed il modo. Tra gli effetti fisici ho spiegato quelli del calorico e della luce: il disequilibrio dilata la interna densità di alcune molecole e di altre la restringe: il disequilibrio mette in vibrazione le molecole con varie intensità, producenti rotazioni più lunghe o più brevi: da queste due ragioni gl'innalzamenti e

gli abbassamenti di temperatura, la manifestazione di luce e tutte le sue colorazioni.—Ho dato infine una teoria elettrochimica conducendo ad unità di principii le attrazioni chimiche e le attrazioni elettriche; perocchè il numero e la disposizione dei componenti elementari sono ragioni dei loro mutui disequilibrii, ed i mutui disequilibrii sono ragioni delle scambievoli tendenze, di ogni scioglimento, e di qualunque ricomposizione chimica.—Effetti sì spiccatamente pertinenti alle molecole ponderabili, dipendenti dal loro numero e dalla loro composizione, ed operanti sempre sopra di loro, possono mai attribuirsi, possono mai ascriversi all'azione di sostanze imponderabili?

CONCLUSIONE

§ 255 *Rivolgimento generale che accade nelle scienze, provato che non esistano i tre creduti Fluidi Imponderabili.—Necessità e difficoltà di applicare tutti i principii esposti in quest'Opera ai diversi rami delle scienze.—Breve e parziale applicazione che io mi propongo di farne ai più generali fenomeni del nostro globo.*

Comprende ognuno che, rovesciate le supposizioni del Fluidi Imponderabili, e restituite alle molecole ponderabili le ragioni di tutti i fenomeni calorifici, lucidi ed elettro magnetici, una grande rivoluzione viene ad operarsi contemporaneamente in tutte le scienze naturali. Se il calorico non è altro che la sola dilatazione della interna densità molecolare, se la luce consiste soltanto nella energica e rettilinea vibrazione delle molecole, se l'elettro-magnetismo altro non è che il disequilibrio mutuo delle molecole, ogni qualvolta dunque le scienze sono solite fare intervenire l'azione dei detti tre agenti imponderabili per ispiegare i fatti di loro pertinenza, debbono piuttosto rivolgersi allé medesime molecole ponderabili, debbono indagare lo stato della loro densità, i loro moti vibra-

torii, il loro mutuo disequilibrio, e solamente da siffatti studii possono ricavare la ragion vera dei fenomeni. Costringendo le molecole ponderabili a spiegare la multiplice quantità degli effetti che si sono finora attribuiti ai fluidi imponderabili, si fa in un momento cangiar di aspetto lo stato di ogni scienza, perocchè una maggiore attenzione è necessaria sulle molecole, sul loro rispettivo stato, sulla loro composizione, sul loro scambiabile equilibrio, per dare ragione dei fatti di cui le scienze si occupano.

Ben perciò mi avveggo, che un' applicazione completa dei principii da me esposti intorno al calorico, alla luce ed all'elettro magnetismo potrebbe ricondurre all'unità ed alla concordia desiderata le spiegazioni teoretiche che s'incontrano in tutte le scienze. Ma un lavoro così ristretto, come il mio, non comporta applicazioni di siffatto genere; le quali per altro sarebbero sì vaste, sì copiose e sì grandi, che le mie forze non potrebbero mai eseguirle in tutto il corso della mia vita. Quando io impiecai a far delle ricerche sulla vera natura dei creduti Fluidi Imponderabili, mi prefissi in mente il solo scopo di abbattere tutti i principii, che introducevano disuguaglianze e misteriosità nella spiegazione dei fenomeni naturali: scopo mio fu ridurre ad unità di principio tutti quei fenomeni che si vogliono far dipendere da cause indeterminate, oscure, vaghe, disobbedienti alla gran legge di attrazione, la cui scoperta ha dato all'uomo il potere di calcolare con pesi e misure le leggi tutte dell'universo. In questo modo io intesi spianarmi la strada per poter collegare i principii fisici coi metafisici, perocchè è una verità degna di essere stampata nella mente di tutti gli scienziati, che se non si mettono di accordo le scienze naturali colle scienze logiche, saranno perpetuamente imperfette le une e le altre.

Ma, sebbene mi sia impossibile estendere l'applicazione dei principii esposti a tutti i varii rami delle scienze naturali, pure è mio dovere principale applicarli a quei fenomeni più generali e più comuni, che danno regola e norma a tutti i

fenomeni secondarii del nostro globo. Dico ciò esser mio dovere, perchè se io nol facessi, una quantità di dubbii assai triviali e comuni potrebbero essere opposti alle mie teorie; ed i dubbii triviali sono più nocui di ogni altro, perchè più facili a pensarsi, più facili a scompigliare la mente di qualunque lettore, e capaci perciò di soffocare le più feconde teorie.

§ 256 *Il Sole e gli altri astri sono, o non sono lucidi?—Sono o non sono caldi?— Osservazioni intorno alla oscurità del corpo solare.*

Molti, nel sentire che il calorico non è fluido imponderabile, e che non è una cosa reale la qual si trasporti da un corpo ad un'altro, che la luce non è una sostanza vera, la quale si emetta da un punto luminoso e vada a diffondersi nei più lontani spazii, faranno le meraviglie e domanderanno: dunque il Sole non è caldo? non è lucido? dunque le stelle non sono sorgenti di vera luce? gli astri tutt' del firmamento non sono dei corpi infiammati?

Rispondo: sono infiammati e non sono, sono caldi e non sono, sono lucidi e non sono. La mia risposta non contiene contraddizione, perchè la luce ed il calorico, che noi riceviamo dal Sole, dai pianeti e dalle stelle, non sono sostanze veramente emesse da quei corpi, e perciò si può rettamente dire, che essi non sono lucidi, nè sono caldi; ma da un'altra parte, la luce ed il calorico, che noi da loro riceviamo, hanno per vera causa i movimenti e le azioni di quelle immense masse sopra il nostro globo e la nostra atmosfera: onde noi, avvezzi poeticamente a metter gli effetti dentro la causa, possiamo dire che il Sole, i pianeti, le stelle sono infiammati, sono lucidi, sono caldi. Ma con più retto linguaggio dovremmo dire, che essi sono cagioni di luce e di calorico al nostro globo.

Che i pianeti sieno dei corpi oscuri è stato ben dimostrato

dai loro eclissi. Nessuno però oserebbe dire, che il Sole fosse un corpo per sè stesso oscuro. Ciò non ostante gli Astronomi, col favore delle macchie che in esso si rilevano, han determinato, che il Sole ha una rivoluzione costante intorno al proprio asse, la quale si compie in giorni $25 \frac{1}{2}$.

Gay-Luzac, nella sua memorabile ascensione aerea fatta di pieno meriggio, trovò sì debole la luce solare, che le stelle si vedevano di una in una nel firmamento, come soglionsi vedere nel cuor della notte.

Herschell opinava, che il Sole fosse un corpo oscuro, perocchè le sue osservazioni gli davan luogo a dire, che tutta la luce solare fosse proveniente da una immensa atmosfera di vapori fosforici, che circondano quella immensa mole.— La scienza dunque, ed i fatti osservati da uomini cui non può negarsi fede, han fatto sentire il bisogno di supporre il Sole come un corpo per sè stesso oscuro.

§ 257 *Pareri dei Fisici sull'immenso calorico del Sole, e sulle proporzioni con cui ne partecipano i pianeti giusta le loro rispettive distanze.— Osservazione in contrario.— Si comincia a combattere l'idea di tanto calorico esistente nel Sole.*

I Fisici nel maggior numero convengono il calorico del Sole dover'essere immenso. Anzi il Melloni, calcolando colle leggi della irradiazione la quantità di calorico che noi riceviamo dal Sole, si è ingegnato di determinare la grandissima copia di calorico, che deve esistere in quell'astro. Inoltre i Fisici han creduto poter senza tema di errore asserire, che quanto più i pianeti son vicini al Sole, tanto più partecipar debbono del suo calorico, e quanto più ne son lontani, tanto più debbono esser freddi. Urano, a detta loro, è un pianeta freddissimo, coperto di perpetue nevi: la sua distanza media del Sole è di 752340173 leghe, ognuna di 2000 tese, all'incontro Mercurio, secondo i detti Fisici, è un pianeta che va continua-

mente in fiamme: la sua distanza media dal Sole è di 13185463 leghe. La irradiazione calorifica, avendo quasi una velocità uguale alla irradiazione lucida, deve giungere dal Sole ad Urano in 4 ore 9 minuti e 48 secondi, come vi giunge la luce: dal Sole a Mercurio in 3 minuti e 10 secondi. La Terra, secondo loro, è convenientemente riscaldata dal Sole, per la ragione che si trova da lui lontana ad una distanza intermedia: non è tanto rimota quanto Urano., nè tanto vicina quanto Mercurio.

Nulladimeno Gay-Luzac nel suo viaggio aereo, fatto come dissi in pieno meriggio, trovò una temperatura molto fredda nelle regioni più alte. Anche ciò si prova dalle nebbie, solite risedere in alto sotto la stessa presenza del Sole; poichè, se il maggior calore si trovasse nelle regioni alte, anzichè nelle basse, i vapori nebulosi sarebbero colà più prestamente dileguati, e dovrebbero avere per luogo ordinario di loro residenza gli strati veramente più bassi dell'atmosfera.

Se il Sole fosse continuamente infiammato di quel medesimo modo, onde vediamo bruciare i corpi della terra, dovrebbe esser sottoposto ad un'altissimo chimismo in tutta la estesissima sua superficie; e siccome la fiamma è prodotta dal continuo incontro di due correnti contrarie, una del gas che si esala, l'altra dell'ossigeno che si fissa sul combustibile (§ 143), infiammazione sì vasta, come sarebbe quella del Sole, avrebbe dovuto venire a termine in tante migliaia di anni, o per lo meno si avrebbe dovuto nella massima parte indebolire, tanto per la mancanza del gas da esalarsi, quanto per la completa ossidazione di tutte le molecole solari.

§ 258 *Il calorico, che noi proviamo al comparire del Sole, dipende dall'azione del Sole e della Terra sui corpi tra loro interposti.*

Affinchè un corpo sia cagione di luce e di calorico sopra un'altro corpo, non è necessario che esso sia infiammato, non

è necessario che esso entri nel chimismo. Egli è vero, che le operazioni chimiche molto avanzate son cagioni di luce e di calorico, ma non sono le cagioni esclusive. Un corpo desta calorico e desta luce sopra di un'altro, quante volte colla sua massa produce nelle molecole di quello una dilatazione della densità molecolare, ed una vibrazione rettilinea.—Senza che il Sole sia infiammato, la sua sola massa opera sulla superficie del globo terrestre, che gli è in prospetto, in una cotà maniera, che deve sulla detta superficie succedere la dilatazione calorifica e la vibrazione lucida. Imperciocchè, la massa del Sole attira a sè il globo terrestre, mediante la massa interposta delle sostanze sottili e dell'aria atmosferica (§ 23) Il globo terrestre sente da una parte l'attrazione della massa maggiore, ma dall'altro canto reagisce alla sua volta, conciosischè se non reagisse, sarebbe totalmente attratto, ed in pochi istanti condotto sino al Sole. Laonde la forza centrifuga si oppone alla forza attraente del Sole, e dalla pugna di queste due forze nasce il moto ellittico che descrive la Terra.

Or è chiaro, che mentre il Sole riguarda un'emisfero della Terra, tutte le molecole, che stanno tra l'uno e l'altra, soffrono una doppia contraria attrazione: sono attirate da un capo verso il Sole, dall'altro verso la Terra; nè posson cedere per l'uno nè per l'altro capo, poichè Sole e Terra in virtù delle dette due forze contrarie non possono mai unirsi, e tutte le sostanze sottili, che stanno intermedie, non possono mutuamente distaccarsi per correre una porzione verso un punto ed una porzione verso l'altro; giacchè, se si separassero in una tal maniera, lascerebbero tra loro un vuoto assoluto, il quale per sè ripugna (§ 4).

Poste le molecole tra queste due contrarie forze, soffrir debbono per necessità una mutua violenta distrazione, la quale tanto dura, quanto dura la presenza di un globo in faccia all'altro. Siffatta distrazione è causa necessaria di dilatazione calorifica, imperciocchè la interna densità delle molecole dilatasi notabilmente ogni volta che esse sono tirate in due punti

contrarii (§ 48). Perciò il calorico, che sperimentiamo al comparire del Sole, non è effetto del Sole semplicemente, ma è effetto del contrasto di due forze opposte, della forza solare e della forza terrestre, che distraggono e dilatano la interna densità delle molecole poste alla rispettiva loro superficie.

§ 259 *Il calorico di ogni globo, a qualunque distanza essi siano, è proporzionato alla loro propria massa, ed a quel globo che rispettivamente li attira. — Vi ha una linea media tra globo e globo, in cui non si deve trovare nessun calore. — Perchè il maggior calorico esista sulla superficie della terra. — e più nell'equatore che nei poli.*

Per questa ragione il calorico di ogni globo è proporzionato alla sua medesima massa, ed alla massa che l'attira: nè Urano è pieno di nevi, nè Mercurio di fuoco. Tutti i globi, in proporzione della rispettiva massa e della scambievole distanza, si attraggono e si fuggono a vicenda: infatti tutti i pianeti, tutti i satelliti descrivono orbite ellittiche. I mezzi, con cui i detti globi si attirano e si fuggono, sono le stesse sostanze sottili interposte. Per conseguenza la dilatazione calorifica deve esercitare sulle superficie dei rispettivi globi nel momento in cui si guardano da faccia a faccia. — Per la medesima ragione le sostanze sottili, che occupano il posto medio tra un corpo ed un' altro, essendo quasi nell' equatore delle due forze contrarie, rimaner debbono imperturbate senza soffrire distrazione nè dall'una nè dall'altra parte, e perciò senza nessuna dilatazione calorifica. Perciò, se si ascende in alto, durante la presenza del Sole, si trova sempre una più bassa temperatura.

Per l'azione delle dette due forze pugnanti la maggior distrazione vien sofferta dalle molecole gassose che han tra loro minor coesione. Perciò lo strato più infocato sotto i raggi del Sole si è quello strato di aria, che sta immediatamente in contatto colla Terra. La superficie solida della terra, ed anche

la superficie liquida del mare resistono maggiormente dell'aria alla distrazione ed alla dilatazione calorifica. Perciò il calore solare non si propaga molto a fondo nelle viscere della terra e nel mare. Anzi, come notai in altro luogo (§ 97), in terra ed in mare ad una certa profondità le stagioni avvengono al rovescio; imperciocchè, mentre gli strati esterni della superficie terrestre e dell'atmosfera si dilatano, i più profondi per antagonismo si restringono.

Finalmento con questi principii è facile intendere, che sotto la linea equatoriale, dove la forza del Sole si esercita per linea perpendicolare, la opposizione della Terra deve esser maggiore, la distrazione delle molecole rispettive dev'esser massima, ed il calorico fortissimo. Nei punti però più obliqui come particolarmente nei poli, il contrasto delle due forze dev'esser minimo, minima pure la distrazione delle molecole, e la temperatura assai bassa. Ed in vero, se il calorico fosse una sostanza mandata dal Sole, o una vibrazione eterea da lui solo proveniente, non potrebbe mai esistere una sì gran differenza di temperatura tra la zona torrida e i poli. Si suol dire, che ciò dipende dal maggior cammino che debbon fare i raggi calorifici, perchè la obliqua che va ai poli è più lunga della perpendicolare che va alla zona torrida.—Concedo esser più lunga, ma non è tanta la differenza, che possa produrre un'abbassamento di temperatura sì considerevole. Dal Sole all'equatore vi ha una distanza maggiore assai di quella differenza che passa tra la perpendicolare che va all'equatore e la obliqua che va ai poli. Nulladimeno il calorico, con tutta la immensa distanza, giunge fortissimo al nostro equatore; e per un dippiù molto piccolo di distanza dovrebbe illanguidirsi sino a tanti gradi sotto zero?

§ 260 *La luce, che noi vediamo in presenza del Sole, è prodotta dalle rotazioni del Sole e della Terra intorno ai loro rispettivi assi. — Linea intermedia oscura. — Si sciolgono le difficoltà, che si potrebbero fare contro tale linea intermedia oscura.*

Se il Sole fosse un focolare chimico tramandante calorico e luce, coll'ascendere in alto si avrebbe dovuto costantemente ritrovare calore più irresistibile e luce più viva, non viceversa.

La luce, che noi godiamo in presenza del Sole, è prodotta dall'attrito, che esercita la massa solare sulla sostanza sottile che l'è in contatto, mercè la rapidissima rotazione che la detta massa solare esegue intorno a sè stessa. Nel tempo che il Sole gira intorno al proprio asse, la Terra gira similmente intorno a sè medesima: perciò le molecole intermedie tra l'uno e l'altro globo soffrono contemporaneamente, e ai due capi estremi, due velocissimi attriti. Or io dissi (§ 138), che quando una massa di molecole atte a vibrare trovasi tra due altri corpi movéntisi rapidamente, essa deve prendere un moto vibratorio e manifestare la luce.

Però i due attriti operano in due sensi contrarii, e i due ordini di vibrazioni rispettive van mutuamente ad incontrarsi in una linea intermedia, nella quale, non altrimenti che nelle bande oscure delle interferenze, ogni fenomeno di luce si estingue. Perciò, ascendendo dalla Terra in alto, la luce deve diminuire d'intensità, e ad un punto intermedio tra Terra e Sole deve totalmente estinguersi, per ricominciare un'altra volta da quel punto, crescendo sempre d'intensità sino al Sole.

Diranno alcuni, che se vi è una linea media totalmente oscura tra Terra e Sole, noi non potremmo vedere quell'astro, non potremmo rappresentarci il suo colore, la sua forma, nel modo che la vediamo. — Ma la difficoltà rimane tolta dai fatti che la Fisica presenta: nel fenomeno delle interferenze la luce passa da una banda lucida a una banda oscura, e dalla oscura

nuovamente alla lucida, crescendo sempre e decrescendo d'intensità: ciò non ostante, la luce, che è passata dalla banda oscura, rappresenta perfettamente il punto lucido, che sta dall'altra parte, lo rappresenta nel suo posto, nella sua figura, di modo che un'occhio collocato in quel punto direbbe di vedere il punto lucido dove effettivamente è, niente conscio che tra lui ed il punto lucido esista una banda del tutto oscura.

§ 261 *Perchè i pianeti e i satelliti non abbiano luce loro propria rispetto a noi — Nulladimeno la Luna dimostra avere una luce propria debolissima.*

Altre difficoltà si potrebbero trarre dai pianeti e dalla Luna. Imperocchè, questi son corpi che ruotano pure intorno al proprio asse, e perciò producono un attrito sulla sostanza sottile che li attornia; e questo attrito si dovrebbe propagare sino alla Terra, e dovrebbe esser cagione di luce propria. Intanto l'esperienze astronomiche c'insegnano, che i pianeti e la Luna non hanno luce propria, ma riflettono la luce del Sole; e per tal ragione van soggetti agli eclissi, tutte le volte che un'altro pianeta s'interponga tra ciascun di loro ed il Sole. Le stelle, benchè da noi infinitamente più distanti che il Sole e i suoi pianeti, ci fanno vedere la loro luce; anzi, come vide Gay-Luzac nelle alte regioni, essendo debole la luce del Sole, quella delle Stelle è nel suo stato ordinario, come in tempo di notte.

Or la massa del Sole è molto superiore alla massa di ciascun pianeta, e dei loro satelliti. Laplace, presa la massa del Sole come 1, ha calcolato la massa della Terra per la frazione $\frac{1}{329630}$, la massa di Giove per $\frac{1}{1067,08}$, di Saturno per

$\frac{1}{3359,40}$, di Urano per $\frac{1}{19504}$, di Venere per $\frac{1}{883137}$, di Marte

per $\frac{1}{1846082}$, di Mercurio per $\frac{1}{2025810}$. Finalmente lo stesso

Laplace ha ricavato dalla forza che esercita la Luna sopra le acque del mare, che dessa sta alla Terra :: $\frac{1}{58.7}$; 1. Da

ciò si può argomentare quanto la massa lunare e le masse dei pianeti sieno minori di quella del Sole.

La Terra impiega ore 24 a rivolgersi intorno al proprio asse; Marte e Giove, secondo Cassini, si rivolgono pure intorno al proprio asse, il primo in 24 ore e 40 minuti, il secondo in 9 ore e 56 minuti; Saturno, secondo Herschell, gira intorno al proprio asse in 9 ore 43 minuti e quasi 30 secondi; Venere, secondo i calcoli di Schroeter in ore 23 e minuti 20. Fraditanto la massa del Sole, ch'è tante migliaia di volte maggiore di ognuno di questi pianeti, compie la rotazione intorno al proprio asse in un tempo, in confronto a loro, assai più breve. Egli è maggiore tanti milioni di volte sopra della Terra, di Venere, e di Marte, eppure compie la rotazione intorno al suo asse in un tempo, 26 volte approssimativamente maggiore del tempo, in cui la compiono quelli. Qual differenza dell'attrito del Sole a quello dei detti tre pianeti! E lo stesso argomento si applichi agli altri.

In conseguenza, non è da far la meraviglia, se l'attrito prodotto dalla rotazione dei pianeti e dei satelliti intorno ai loro assi non sia sufficiente per eguagliare, nè per imitare in qualche proporzione la luce del Sole. Essi già sono investiti dalla immensa forza delle vibrazioni lucide, che su di loro produce la massa solare: perciò fanno da riflettitori, e la luce da essi riflessa vince per tante migliaia di gradi la luce prodotta dal loro particolare attrito.

Ciò non ostante, non è poi generalmente vero, che questi corpi non sien cagioni di alcune vibrazioni lucide. Quel pozzo di emisfero oscuro, che a noi presenta la Luna nelle sue varie fasi, sempre tramanda una qualche luce debole, che serve

a farcelo distinguere ed a farcel ravvisare la sua periferia. Parimenti, la Luna eclissata non diventa totalmente invisibile: essa per mezzo di una luce debolissima ci fa distinguere il suo corpo dal resto dello spazio celeste.—Alcuni pensano, che questa debole luce sia la stessa luce solare caduta sulla Terra, dalla Terra riflettuta sulla Luna, e dalla Luna nuovamente rimbalzata verso la Terra. Ma il pensiero è erroneo, perchè, tanto nelle fasi lunari, quanto negli eclissi, la luce, che la Terra può riflettere sulla Luna, non può mai colpire quello spazio oscuro, che a noi sembra sì debolmente illuminato. Per poco che si metta attenzione sul cammino dei raggi solari e sulla riflessione che la Terra ne fa verso la Luna in tutte le sue posizioni, vedrassi che i raggi riflessi non coincidono mai su quello spazio oscuro, che a noi è visibile—Dunque si deve concludere, che quella è una luce debolissima in confronto di quella del Sole, ma propria della Luna, perchè nata dall' attrito, che essa esercita sulle masse sottili che la circondano, nel mentre che ruota intorno al proprio asse.

§ 262 *Perchè le stelle abbiano una luce propria—Perchè la luce delle stelle sia stata veduta da Gay-Luxac nella sua ascensione aerea in pieno meriggio, quando la luce del Sole era poco visibile.*

Le stelle, come bene hanno stabilito gli Astronomi, sono dei Soli grandiosi, e molte sono più grandiose assai del nostro Sole; perciò le loro immense masse, rapidamente ruotando intorno al proprio asse, generano nella massa interposta vibrazioni lucide sì vigorose, che alla distanza di tanti milioni e milioni di miglia giungono a noi ben chiare. La distanza affatto immensurabile delle ultime stelle più remote della Via Lattea, e di tante altre miriadi di stelle più lontane, fa sì che le loro vibrazioni lucide, quantunque generate da masse enormi e da rotazioni rapidissime, come quello del nostro Sole, non possano pervenire sino a noi.

Fraditanto vi ha una differenza tra la luce solare e la luce delle stelle. Gay-Luzac, elevatosi 7000 metri sul livello del mare, incontrò un punto in cui la luce del Sole era tanto debole, che non bastava più a vincere la luce delle stelle, e queste comparivano come in tempo di notte—Io dissi (§ 260), che le vibrazioni lucide vengon prodotte, non dal semplice attrito del Sole girante intorno a sè stesso, ma dai due contrarii attriti del Sole e della Terra, che girano rispettivamente intorno al proprio asse. Perciò, facendoci lontani dalla Terra, ci avanziamo verso un punto, in cui le vibrazioni solari e terrestri, prodotte dai due contrarii attriti, sono più deboli, perchè vanno a poco a poco a confondersi, sino a quella fascia di oscurità totale, che deve stare nella linea intermedia (§ 260). Ma la linea media tra le stelle e la Terra è infinitamente più lontana dalla linea media tra il Sole e la medesima Terra. Perciò, 7000 metri d'innalzamento, che bastano per trovare più indebolita la luce solare, sono come un nulla rispetto alla luce delle stelle, la quale si dovrebbe trovare più debole ad un'altezza molto maggiore, e si dovrebbe estinguere del tutto in una linea infinitamente più alta.

§ 263 *Fenomeni di disequilibrio elettrico che si manifestano sulla Terra per la influenza delle masse celesti—Correnti elettriche che la Terra si produce col suo stesso movimento, ed effetti che ne dipendono.*

Il Sole e la Luna spiegano un'attrazione decisa e manifesta sul globo terrestre. È nota la influenza che essi esercitano sulle marée; e della stessa guisa agiscono sull'aria atmosferica, or tirandone a sè una corrente, ed ora rallentandola. Perciò è indubitabile che questi globi, col loro affacciarsi o scomparire, producono disequilibrio nelle molecole della superficie terrestre. Il qual disequilibrio costituisce una sorgente di elettricità periodica continua e varia, secondo i periodi la continuità e la varietà della influenza dei globi medesimi.

La crosta del nostro pianeta sotto le azioni disequilibranti del Sole e della Luna si elettrizza per antagonismo. I vapori che il calorico solleva, come corpi meglio conducenti dell'aria, si sopraccaricano dello stato di disequilibrio: quindi la nascita di moltissimi fenomeni meteorologici, dei quali io non imprendereò a trattare individualmente. Conciosiachè, inteso una volta il principio che la elettricità consista nel disequilibrio molecolare, ognuno comprende, che il Sole e la Luna, ed anche se si avvicinano alla Terra qualche cometa o altra massa, cagionar debbono uno stato di elettricità sull'atmosfera, sui vapori che in essa nuotano, sulle acque, sulla stessa superficie solida del globo terrestre. Posto l'accumulo di elettricità da una parte, ne nasce la elettricità per influsso dall'altra parte: quindi la scarica repentina con juco e fragore, le decomposizioni chimiche, il condensamento dei vapori, il subitaneo agghiacciamento dei medesimi, e mille altri fenomeni consimili, dipendenti sempre dalle posizioni del Sole e della Luna rispetto alla Terra, e dalla loro particolare influenza, che vien poi modificata dalle circostanze locali o dal moto della Terra medesima.

Anche il moto della Terra è cagione di disequilibrio elettrico alla sua superficie, ed all'atmosfera che la circonda. La Terra si muove da occidente in oriente, non meno che tutti, gli altri pianeti. Or tra le molecole della Terra vi ha una coesione molto superiore a quella che esiste tra le molecole dell'aria; e perciò, movendosi il globo terrestre, l'aria, che lo circonda, non può muoversi con essolui ad ugual velocità. Siegue da ciò che, siccome la Terra si muove da occidente in oriente, così l'aria atmosferica sembra muoversi in senso opposto, da oriente in occidente: quindi il vento di levante, che domina quasi costantemente sull'alto oceano, dove nè montagne, nè boschi, nè altre simili cause non possono cangiare la direzione.

Ciò produce un'attrito continuo tra la crosta della Terra e l'aria atmosferica; e l'attrito è cagione di disequilibrio elet-

trico (§ 198). Per questa ragione da est in ovest circola una corrente elettrica, che ha tanta influenza sulla direzione delle calamite, non che sulla direzione di tutte le correnti elettriche—La elettricità, che si accumula in varii punti della superficie terrestre, per causa dei corpi coibenti che in essa si incontrano, e dell'aria atmosferica ch'è semicoibente, diviene cagione poderosa di molti sorprendenti fenomeni. La stessa vegetazione delle piante è dovuta alla elettricità circolante in diversi modi sulla superficie terrestre, perocchè nelle cavità sotterranee assai profonde la nutrizione dei vegetali non può aver luogo in nessuna guisa. Anche la vita dei corpi organici dipende dalla corrente elettrica che circola sulla Terra; e verrà giorno, che si renderà ragione di molte malattie epidemiche per lo disturbo delle varie correnti elettriche; che sogliono circolare sul nostro globo.

§ 264 Ricapitolazione dell' Opera — Importanza di riferire tutti i fenomeni naturali all'azione delle sole molecole ponderabili — La connessione dei principii qui esposti apparirà nella Filosofia Universale.

Moltissime dunque sono le applicazioni, che fruttar potranno alla scienza le teorie da me esposte; imperciocchè non vi ha quasi fenomeno della natura, in cui non si credano intervenire gli agenti imponderabili. Io confesso, che forse non tutte le applicazioni da me fatte potran corrispondere esattamente al rigore della scienza; nulladimeno son sicuro, che le tre teoriche fondamentali sulla natura del calorico, sulla natura della luce e su quella dell'elettro-magnetismo, e tutte le primarie teorie che da quelle derivano, reggono costantemente a tutto il rigore scientifico e ad ogni più delicata osservazione.

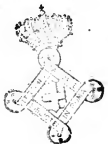
A me pare aver combattuto i Fluidi Imponderabili in una maniera affatto decisiva; a me pare di passe in passo aver contrastato la possibilità, che sostanze di tal genere possano nascere, camminare, operare effetti dentro le molecole pon-

derabili. Quando non avrò fatto altro che precludere agli scienziati il solito rifugio degl'Imponderabili; quando non avrò fatto altro che richiamare la loro attenzione e drizzare i loro occhi alle molecole ponderabili, per ispiegare colle sole loro azioni tutti i fenomeni, che ad altri misteriosi fluidi solevansi attribuire, mi reputerò ben soddisfatto del mio lavoro.

Vorrei però, che da oggi innanti i Fisici si persuadessero, che nelle singole molecole vi sono dilatamenti e restringimenti, vibrazioni, e mutui disequilibrii, i quali non si debbon misurare in quella stessa maniera, con cui si misurano le forze meccaniche della natura: sono azioni oscure, che operano nell'interno ambito di ciascuna molecola, ma i loro effetti divengono manifesti e grandiosi, quando esse si accumulano in gran numero. Vorrei finalmente, che si persuadessero che non esiste, nè può esistere nel mondo nessuno spazio assolutamente vacuo; che tutto è connessione ed armonia; che la eterogeneità delle molecole è necessaria; che dalla eterogeneità nascono per necessità tutte le dilatazioni ed i restringimenti, tutte le vibrazioni, tutti i disequilibrii, che costituiscono i tre stati di calorico, di luce, e di elettromagnetismo.

L'armonia generale, ed il nesso che congiunge tutte le teorie sviluppate in quest'Opera, appariranno manifestamente in quella, dove necessità è che si congiungano tutti i principii. Perciò, se alcuno mai incontrerà dubbio sui fatti da me esposti, lo dica per amore della scienza; ma se incontrerà dubbio sulle teorie, si astenga dal sentenziare prestamente, ed aspetti che io le giustifichi nella mia Filosofia Universale.

Fine



INDICE

cl^a
pilog.

INTRODUZIONE	Pag. 3
------------------------	--------

NOZIONI PREMESSE

§ 1 La materia è composta di elementi primitivi indivisibili. »	5
§ 2 Atomismo e dinamismo »	ivi
§ 3 Principii intorno alla natura della sostanza semplice elementare »	6
§ 4 Necessità del contatto mutuo tra tutti gli elementi della materia. — Impossibilità di uno spazio assolutamente vuoto »	7
§ 5 Equilibrio e disequilibrio dei primi gruppi elementari »	ivi
§ 6 Principii intorno alla intransitività ed immutabilità interiore della sostanza elementare in movimento — Natura degli accidenti »	8
§ 7 Ripugna all'esperienza ed alla ragione, che tutti i gruppi di aggregazione elementare sieno eguali tra loro in densità »	9
§ 8 Falso concetto degli elementi semplici, e dello spazio che occupano »	11
§ 9 L'universo è una sola massa, ed è una riunione di tante masse, diverse in volume e in densità »	12
§ 10 Della molecola — Dello stato di ammolecolazione — Dei corpuscoli — Dei corpi — Della omogeneità ed eterogeneità delle masse »	ivi
§ 11 Necessità a priori dell'attrazione universale : . . . »	14
§ 12 Che cosa veramente è la distanza ? »	16
§ 13 Nella legge dell'attrazione si deve calcolare, non solamente la ragione diretta delle masse e la inversa dei quadrati delle distanze, ma benanche la natura speciale dei mezzi di attrazione interposti tra massa e massa »	17
§ 14 Della pressione reciproca, e della condensazione dei centri »	20
§ 15 Influenza della diversità numerica nella composizione molecolare »	21

II

§ 16	Ragioni che producono la fusione delle molecole, e la loro riammolecolazione — Affinità chimiche	»	ivi
§ 17	Della resistenza — Della compressione — Della rarefazione — Della densità	»	24
§ 18	Antagonismo tra la dilatazione ed il restringimento — Influenza della diversa densità molecolare.	»	25
§ 19	Vera inerzia e falsa inerzia	»	28
§ 20	Che cosa è il moto? Che cosa è la quiete? — Moto vero, moto apparente — Quietè vera, quiete apparente	»	30
§ 21	Azione perturbatrice — Sua propagazione, e sua trasmissione	»	32
§ 22	Può un perturbamento trasmettersi da un estremo all'altro di una o di più masse, sieno solide, sieno fluide, senza turbare il loro rispettivo stato interiore.	»	34
§ 23	Il Sole attira a sè la Terra medianti le masse interposte di etere e di aria atmosferica	»	36
§ 24	Della tensione mobile, e della tensione irramovibile — L'aria ed i gas esercitano una tensione mobile tanto maggiore, quanto più sono rarefatti	»	37
§ 25	L'aria ed i gas hanno la forza di tirare i corpi	»	39
§ 26	Diversità dei solidi e dei fluidi nel trasmettere da massa a massa le azioni ricevute	»	40
§ 27	Ragione della diversa coesione tra le molecole.	»	43
§ 28	Trasmissione di azioni per ragion di massa, trasmissione per ragion di coesione — Peso e gravità assoluta, peso e gravità relativa	»	ivi
§ 29	Perchè i corpi sono diversamente gravi	»	45
§ 30	Distinzione tra l'effetto totale d'influenza e l'effetto della spciale densità	»	46
§ 31	La sostanza, che occupa il vuoto degli spazii celesti ed il vuoto artificiale, è pure ponderabile — Ragioni per le quali tal peso non si è conosciuto finora	»	47
§ 32	Minimo sensibile dell'eccesso di peso e massimo sensibile — Sua ragione — Prova con l'acqua e l'aria per mezzo delle bilance	»	49
§ 33	Come si può conoscere il peso della sostanza ch'esiste nel vuoto torricelliano?	»	52
§ 34	Perchè i corpi cadano con eguale velocità nel vuoto.	»	53
§ 35	Perchè nel vuoto i corpi cadono con velocità incalcolabile?	»	54
§ 36	Donde viene la sostanza che occupa il vuoto torricelliano?	»	55

§ 37 Effetti di disequilibrio che si producono sulle superficie degli aggregati e molecole di diversa specie, quando sono in mutuo contatto	Pag. 56
§ 38 Epilogo delle Nozioni Premesse.	» 57

**ESPOSIZIONE DELLA TEORIA SU LA VERA NATURA
DEI CREDUTI FLUIDI IMPONDERABILI**

§ 39 Si combatte l'idea delle sostanze imponderabili — Che sono dunque i tre creduti fluidi imponderabili, il calorico, la luce, l'elettro-magnetismo ?	» 59
---	------

LIBRO PRIMO — Dello stato di calorico.

§ 40 Teoria generale su la vera natura del calorico — Divisione di questo Libro	» 60
---	------

SEZIONE I — DELLE VARIE ORIGINI DEL CALORICO

§ 41 Necessaria esistenza dello stato di calorico in tutti i corpi	» 61
--	------

**CAPO I — Del calorico proveniente da semplice contatto
dei corpi di eterogenea densità molecolare**

§ 42 Tra i corpi eterogenei, che si mettono in contatto, si forma tosto l'equilibrio delle temperature	» 62
§ 43 Si espongono e si rifiutano le tre ipotesi, con cui si è preteso spiegare l'equilibrio delle temperature: l'ipotesi del calorico latente, l'ipotesi del calorico combinato, e l'ipotesi della diversa capacità dei corpi per l'assorbimento del calorico	» lvi
§ 44 Perchè le varie dilatazioni calorifiche dei corpi debbono equilibrarsi tra di loro, appena sono in contatto ?	» 64
§ 45 Perchè il termometro segna o eguale o diverso grado di temperatura tra corpi eterogenei posti in contatto?—Tra i corpi di eterogenea densità non vi ha vera eguaglianza di calorico, ma equilibrio di temperatura.	» 63
§ 46 Teoria sulla vera cagione del calorico tra i corpi di eterogeneità densità posti in contatto, e sull'equilibrio delle loro temperature	» 66

IV

CAPO II — *Del calorico eccitato con mezzi meccanici.*

- § 47 Fluidi e liquidi per causa di attrito sviluppano calorico — Si rigetta l'ipotesi del calorico latente adoperata a spiegare tal fenomeno : : Pag. 67
- § 48 Vera ragione per la quale lo stropicciamento dei solidi desta la dilatazione calorifica » 68
- § 49 Come la dilatazione calorifica, prodotta da stropicciamento sulla superficie di un solido, si estenda alle falde sottostanti » 69
- § 50 Del calorico nascente dalla compressione dei gas e dei vapori, e del condensamento in antagonismo — Del calorico nascente dall'agitazione dei liquidi e dei fluidi elastici . . » 70

CAPO III — *Del calorico sviluppato per mezzo del chimismo e della combustione.*

- § 51 Esposizione della dottrina della combustione . . » 71
- § 52 Perchè la dilatazione calorifica deve cagionare la combustione ? » 73
- § 53 L'idea di combustione si deve allargare a qualunque operazione di chimismo accompagnata da calorico . . » 74
- § 54 Della luce e della fiamma prodotta dalla combustione — Del calorico ch'è causa della combustione, e del calorico che n'è l'effetto : » 75
- § 55 Delle diverse quantità di calorico, che produce la combustione — Della differente combustibilità dei corpi, e delle ragioni che dan principio alla combustione . . . » 76
- § 56 Come si alimenta e si propaga la combustione — Come trova il suo antagonismo » 78
- § 57 Dell'antagonismo, o lontano o immediato, che spetta alla dilatazione calorifica — Esempio dell'antagonismo lontano che appartiene all'aria dilatata dai raggi dell'equatore . . » 79
- § 58 Della dilatazione calorifica e restringimento antagonistico, che succedono nei tre coni della fiamma . . . » 82

CAPO IV — *Del calorico prodotto per mezzo del passaggio dei corpi da uno stato ad un altro.*

- § 59 Si rifiuta l'ipotesi del calorico latente adoperata a spiegare le apparizioni e le disparizioni repentine del calorico nel passaggio dei corpi da uno stato ad un altro. . . » 84

- § 60 Vera ragione del calorico che si manifesta, e di quello che sparisce nel passaggio dei corpi da uno stato ad un altro, — principalmente per causa chimica Pag. 85
- § 61 Ragioni per le quali il compenso antagonistico della dilatazione calorifica talvolta è lontano, talvolta è immediato » 87
- § 62 Primo esempio di antagonismo immediato: congelazione dell'acqua per mezzo dello scappamento rapido dell'etere — Si confuta la spiegazione dei Fisici, che sostengono la sottrazione di calorico fatta dall'etere all'acqua » 88
- § 63 Vere ragioni per le quali la scappata dall'etere, essendo rapida produce la congelazione dell'acqua, essendo lenta non la produce » 90
- § 64 Stato contrario di temperatura nei due vasi che contengono l'etere e l'acqua » 92
- § 65 Si rovescia l'esperimento, mettendo il vase dell'etere dentro il vase dell'acqua; e colla rapida scappata dell'etere non si effettua la congelazione dell'acqua » 93
- § 66 Secondo esempio di restringimento antagonistico immediato, che tien dietro alla dilatazione molecolare: la evaporazione e congelazione dell'acqua nel vuoto pneumatico — Si rifiutano le spiegazioni ordinarie dei Fisici » 94
- § 67 Si spiega il fenomeno della evaporazione e congelazione dell'acqua dentro il vuoto pneumatico, — e del raffreddamento dei corpi nel medesimo vuoto » 97
- § 68 Principio generale sull'antagonismo tra la dilatazione calorifica ed il restringimento — Ricapitolazione di questa Sezione Prima : » 99

SEZIONE II — DEL CALORICO SPECIFICO

- § 69 È necessaria la differente capacità dei corpi per lo stato di calorico » 101

CAPO I — *La diversa capacità dei corpi per lo calorico prova, che desso non è una sostanza fluida imponderabile.*

- § 70 Mescolati insieme corpi di diversa densità, ne risulta una temperatura non proporzionata ai detti corpi separatamente presi — Esempio del miscuglio di acqua e mercurio — Tre

VI

spiegazioni date ad un tal fenomeno nella supposizione che il calorico fosse una sostanza imponderabile.	Pag: 102
§ 71 Si confuta la prima spiegazione	» 103
§ 72 Si confuta la seconda spiegazione :	» 104
§ 73 Si confuta la terza spiegazione.	» 106
§ 74 Ragione vera del fenomeno	» 107
§ 75 Come è possibile, che i corpi tendano all'equilibrio delle temperature, mentre hanno capacità differenti per lo stato di calorico ?	» 109
§ 76 Avvertenza necessario nel dover determinare la capacità dei corpi per lo calorico mercè il metodo dei miscugli	» 110
§ 77 Riflessioni sul metodo del raffreddamento adoperato a determinare la capacità dei corpi per lo calorico	» 111

CAPO II — Come dal calorico specifico dei corpi si argomentino i loro pesi atomici.

§ 78 Importanza della determinazione dei pesi atomici per mezzo del calorico specifico	» 112
§ 79 Obbiezione di Dumas contro il metodo che determina i pesi atomici per mezzo del calorico specifico, e risoluzione proposta dallo stesso Dumas	» 113
§ 80 Si riconduco la obbiezione in un altro linguaggio — Per la via del calorico specifico, e per quella degli equivalenti chimici si perviene a determinare due distinti elementi, che concorrono a costituire il peso	» 115
§ 81 Per la via del calorico specifico si perviene solo a determinare i rapporti delle varie densità molecolari, — per la via degli equivalenti chimici a determinara i rapporti del numero rispettivo delle molecole	» 116
§ 82 Il peso risulta dalla densità intrinseca, e dal numero della molecole — Perciò si può determinara il peso molecolare per amendue le vie riunite, del calorico specifico, o degli equivalenti chimici	» 118
§ 83 Per la via del calorico specifico si arriva non solo ai rapporti della densità molecolare, ma implicitamente ai rapporti del numero rispettivo delle molecole — Non così per la via degli equivalenti chimici	» 120
§ 84 Perchè in alcuni corpi i pesi atomici dedotti dalle Tavole del calorico specifico corrispondano con quelli dedotti dalle	

Tavolo degli equivalenti chimici, e perchè in altri corpi non corrispondano. Pag. 121

- § 85 I pesi molecolari ricavati o per l'una o per l'altra via sono soltanto approssimativi, non mai esatti e precisi. . . » 123
- § 86 Del metodo di determinare i pesi atomici per mezzo dell'isomorfismo — Con esso si determinano veramente i rapporti della disposizione reciproca delle molecole, la quale concorrono pure a formare il peso. » 124
- § 87 Confronto dei tre metodi con cui si determinano i pesi atomici. » 126

SEZIONE III — DELLA PROPAGAZIONE E DELLA TRASMISSIONE DEL CALORICO

- § 88 Il diverso modo, con cui i corpi conducono il calorico, prova ch'esso non è sostanza — Si rigettano le ipotesi adottate per sostenere il contrario. » 127
- § 89 La trasmissione del calorico, e gli altri particolari modi della sua irradiazione, provano ch'esso non è sostanza. . . » 128
- § 90 Per quali ragioni sia stata ammessa la teoria della emissione del calorico — Per quali ragioni debba rigettarsi. . » 129
- CAPO I — *Della propagazione del calorico.*
- § 91 Per qual ragione i corpi conducano differentemente il calorico. » 131
- § 92 Ragioni per le quali può cessare la propagazione calorifica — Ragioni per le quali nel chimismo la propagazione calorifica si manifesta in alcuni punti, ed in altri no. . . » 132
- § 93 Perchè i corpi di una densità molecolare più omogenea e più pura conducano meglio il calorico, e viceversa — Si propone un esperimento. » 134
- § 94 Nei cristalli la dilatazione calorifica si propaga secondo la loro direzione — Si arresta la propagazione ogni volta che si sviluppa il chimismo — Si ha una cattiva propagazione nei corpi più porosi. » 135
- § 95 Dei corpi che impediscono e fanno accumulare la dilatazione calorifica. » 138
- § 96 I corpi, che conducono meglio il calorico, più presto si raffreddano. » 139
- § 97 Del restringimento antagonistico, che si trova al termine delle propagazioni calorifiche. » 140

VIII

CAPO II — *Della trasmissione del calorico.*

- § 98 Esposizione della dottrina del calorico raggiante . Pag. 141
 § 99 Si richiamano le teorie sulla natura delle trasmissioni per spiegare l'irraggiamento del calorico : . . . » 142
 § 100 Dei corpi diatermici, adiatermici, e termocroici — Della origine della diatermasia . . . » 143
 § 101 Si spiegano le ragioni della trasmissione del calorico, — principalmente per mezzo dell'aria . . . » 145
 § 102 Qualunque siano le agitazioni nel corpo diatermico, la trasmissione calorifica si effettua sempre — Ogni trasmissione calorifica si effettua rapidamente . . . » 147
 § 103 Differenza tra i corpi diatermici, ed i cattivi conduttori — Variazioni della diatermasia in uno stesso corpo . » 148

CAPO III — *Della termocrosi per trasmissione e per propagazione.*

- § 104 Per qual ragione la trasmissione o la propagazione del calorico sieno talvolta accompagnate da termocrosi . » 149
 § 105 Come sia possibile la termocrosi nei corpi adiatermici — Esempi di termocrosi in corpi diatermici e adiatermici » 150
 § 106 Ragioni della termocrosi, — e della altra proprietà pertinenti al cammino del calorico . . . » 152

SEZIONE IV — *DEGLI EFFETTI DEL CALORICO*

CAPO I — *Della dilatazione dei volumi prodotta dallo stato di calorico.*

- § 107 Quali sieno i corpi che dilatino meglio il loro volume sotto lo stato di calorico, ed al contrario . . . » 153
 § 108 Alcuni corpi sotto lo stato di calorico restringono il lor volume: — perchè ? . . . » 154
 § 109 Dilatazione di volume dei liquidi sotto lo stato di calorico, — principalmente dell'acqua . . . » 155
 § 110 Dilatazione di volume del gas e dei vapori sotto lo stato di calorico — Se mai vi sieno gas che si restringano . » 156

CAPO II — *Della ebollizione e della evaporazione.*

- § 111 Il punto della ebollizione è vario secondo i liquidi, secondo il vase, e secondo le sostanze immerse nei liquidi Pag. 157
- § 112 Si confuta l'ipotesi, che le bolle sieno formate mercè assorbimento della sostanza calorico — Si spiega, perchè la varia pressione atmosferica concorra alla varietà della ebollizione » 159
- § 113 Si spiega perchè le diverse nature dei liquidi, dei vasi e dei corpi giuati nei liquidi concorrano con diversa ragione ai fenomeni della ebollizione. » 160
- § 114 Della evaporazione senza ebollizione — Della tensione dei vapori » 162
- § 115 Si rifiutano le ipotesi fatte per sostenere la supposizione, che i vapori s'innalzino mercè l'assorbimento della sostanza calorico » 163
- § 116 Com'è possibile che un alto grado di dilatazione nella densità molecolare non porti seco la dilatazione del volume? 164

CAPO III — *Dei mutamenti di coesione tra le molecole per causa del calorico.*

- § 117 Il solido può passare allo stato liquido col semplice cambiamento di coesione tra le molecole, senza che esse debbano sempre cangiar natura » 165
- § 118 Come i liquidi si convertano in gas o in vapori — Differenza dagli uni agli altri — La vera diversità è tra i solidi e i fluidi » 167
- § 119 Si spiega perchè la sola perdita della coesione, senza sviluppo di chimismo, sia bastevole, onde i solidi divengano liquidi, ed i liquidi divengano fluidi elastici. » 168
- § 120 Perchè i solidi si riscaldino meglio e prima dei liquidi » 169
- § 121 Perchè un liquido debba cagionare freddo nel trasformarsi in vapore — È falso che in tale circostanza vi sia occultazione di sostanza calorico » 171
- § 122 Dell'antagonismo che si mostra nella liquefazione dei solidi e consolidazione dei liquidi » 172
- § 123 Di alcuni liquidi che si dilatano nel volume consolidandosi, e di altri che non si dilatano — Ragioni rispettive . . » 173
- § 124 Per qual ragione i fluidi elastici possono divenire liquidi?

X

— Percchè la compressione non può consolidare i liquidi? —
Come la compressione è causa insieme di restringimento nella
densità molecolare e di calorico? Pag. 175

CAPO IV — *Del chimismo cagionato dal calorico.*

- § 125 Un grado di dilatazione calorifica è sempre necessario,
affinchè si operino le combinazioni chimiche. . . . » 176
- § 126 I diversi gradi di calorico, che precedono, accompagnano
e seguono gli operati chimici, provano che il calorico non è
sostanza, ma è la stessa dilatazione della densità molecolare » 178

EPILOGO DEL LIBRO PRIMO

- § 127 Tutto quello che concerne le varie origini, le varie ca-
pacità, la propagazione, la trasmissione e gli effetti del calo-
rico si riduce alla dilatazione della densità molecolare. » 179

LIBRO SECONDO — *Dello stato di luce.*

- § 128 Opinioni intorno alla natura della luce — Divisione di
questo Libro. » 181

SEZIONE I — *DELLE VARIE ORIGINI DELLA LUCE*

- § 129 La luce è naturale o artificiale — Per quali ragioni la dot-
trina dell'emissioni lucide fu accettata, per quali fu rigettata
— Differenza della opinione mia dalla teoria fresneliana. » 182

CAPO I — *Si prova che la luce non è fluido imponderabile, nè vibrazione di etere imponderabile.*

- § 130 Ragioni principali onde i Fisici sono stati indotti ad am-
mettere le vibrazioni dell'etere imponderabile — Si definisce il
contrario » 184
- § 131 Se la vibrazione lucida si esercitasse sopra un etere im-
ponderabile, i corpi ponderabili non potrebbero recare osta-
colo al suo cammino » 185
- § 132 La riflessione, l'assorbimento, la rifrazione semplice e
doppia, la polarizzazione e la diffrazione della luce sono in
istretta consonanza colle proprietà fisiche dei corpi . . » 187

§ 133 Le sorgenti della luce, e gli effetti ch'essa cagiona, sono totalmente in rapporto colle molecole ponderabili — Relazioni ammesse dai Fisici tra i ponderabili e gl'imponderabili — Si combattono	Pag. 188
§ 134 Si prova che dov'è azione mutua ed aggregazione, ivi è ponderabilità	» 190
§ 135 Giacchè la luce ha rapporti di causa e di effetto coi corpi ponderabili, non è fluido imponderabile, nè vibrazione sopra stero di tale specie	» 191

CAPO II — Del modo in cui si genera la luce.

§ 136 Punto dal quale dovemmo partire per determinare la vera natura del calorico — Da quale ora si deve partire per determinare la vera natura della luce?	» 192
§ 137 Nella combustione con fiamma vi sono due correnti contrarie di molecole, che alternativamente eseguono due semirotaioni in senso opposto, le quali riunite costituiscono una vibrazione	» 193
§ 138 Condizioni necessarie per le vibrazioni — Prima condizione: l'incontro ed il conflitto di due correnti contrarie — Modi diversi in cui questo incontro può accadere.	» 194
§ 139 Seconda condizione: l'energia e la rapidità delle due contrarie correnti molecolari	» 196
§ 140 Terza condizione: che le molecole sieno atte a vibrare — Per quali ragioni quest'attitudine può accrescersi, diminuirsi, mancare.	» 197
§ 141 Differenze tra le vibrazioni lucide e le vibrazioni sonore — Somiglianze	» 199
§ 142 La vibrazione sonora si compie sopra una linea di molte molecole, la vibrazione lucida sopra ognuna delle molecole — Quali cagioni producano l'onda lucida, quali l'onda sonora »	201
§ 143 Esperimento con cui si può contemporaneamente produrre vibrazione lucida o vibrazione sonora	» 202
§ 144 Bisogna maggior forza per muovere una sola molecola, anzichè un gruppo di molecole — Se ne deduce la gran forza, che ricavar si deve dalla scomposizione delle molecole.	» 203

§ 145 Per quali ragioni accade la combustione oscura, — principalmente nei polmoni — Per quali ragioni accade la combustione lucida, — principalmente nella fiamma	Pag. 206
§ 146 Delle varie incandescenze dei metalli e di altri corpi »	208
§ 147 Della fosforescenza — Della luce elettrica — Della luce per attrito, e dei modi di accrescerla	» 209
§ 148 Della luce colorata — Come si scompone e come si ricomponga la luce bianca	» 211
§ 149 Perchè alcune sorgenti rendono luce colorata?	» 212
§ 150 I colori son chinsi di grado in grado uno dentro l'altro — Perchè nello spettro due colori assoluti non si veggono mai vicini — Conclusione di questa Sezione	» 214

SEZIONE II — *DEL CAMMINO DELLA LUCE*

§ 151 Nell'odierno linguaggio non sarebbe giusto il dire, che cammini una sostanza luce, bensì uno stato di luce	» 216
--	-------

CAPO I — *Della riflessione, diffrazione ed interferenze.*

§ 152 Il fenomeno della riflessione prova, che la luce non è vibrazione di etere imponderabile	» 217
§ 153 Il fenomeno della diffrazione prova, che la luce non è vibrazione di etere imponderabile, nè sostanza imponderabile »	218
§ 154 Del modo vero in cui avvengono la riflessione regolare, e la irregolare mista a refrazione	» 219
§ 155 Spiegazione del fenomeno della diffrazione, — e di quello delle reticelle, il quale esclude ogni possibilità di vibrazione su di etere imponderabile	» 221
§ 156 Teoria di Fresnel sulle interferenze e sulle frange — Modificazione che vi si deve fare — Esperimenti da farsi in comprouva	» 223

CAPO II — *Della rifrazione semplice, acromatica e cromatica — Della rifrazione doppia e della polarizzazione.*

§ 157 La rifrazione prova, che la vibrazione lucida si effettua sulle molecole ponderabili, e non mai sulle imponderabili — Cause della rifrazione	» 225
--	-------

§ 158	Esistenza di una luce rifratta acromatica — Luce che nasce bianca, e si colora per successivo cammino . . .	Pag. 227
§ 159	Ragioni per le quali si ha luce rifratta acromatica — Accanto ad essa esiste luce colorata, — ma meno intensa »	228
§ 160	I raggi colorati sono diversamente rifrangibili — Perché il potere dispersivo non è sempre proporzionale alla intensità del colore — Si propongono esperimenti . . . »	230
§ 161	Il fenomeno delle righe non si può attribuire a vibrazione di fluido etereo imponderabile . . . »	232
§ 162	Il fenomeno degli anelli colorati non si può attribuire a vibrazione di fluido etereo imponderabile . . . »	233
§ 163	La doppia rifrazione e la polarizzazione, dipendendo totalmente dallo stato delle molecole ponderabili, non sono effetti della vibrazione di etere imponderabile . . . »	234

**CAPO III — Della colorazione della luce sui corpi opachi,
e della estinzione della luce.**

§ 164	Della diafanità e sue principali proprietà . . . »	236
§ 165	Dei raggi riflessi sui corpi opachi con colorazione, e senza — Come i corpi opachi concorrano a colorar la luce . . . »	237
§ 166	Della intensità e vivacità dei colori, che danno i corpi opachi alla luce su di essi riflessa — Della precisione di tali colori — Del mutamento che i detti corpi producono nei raggi di luce colorata . . . »	238
§ 167	Delle varie cause per le quali si estingue la luce. . . »	240
§ 168	Ragioni della diafanità e della opacità . . . »	241
§ 169	Estinzione della luce sui corpi neri — Maggior diafanità che si mostra sui corpi neri, quando son ridotti in lamine sottili — Cause per cui si mutano i colori dei corpi — Conclusione della Sezione . . . »	243

SEZIONE III — DIFFERENZE TRA LA LUCE ED IL CALORICO

CAPO I — Dissomiglianze tra luce e calorico.

§ 170	Pareri dei Fisici sulla identità della luce e del calorico »	245
§ 171	Il calorico e la luce aver debbono dei punti identici e dei punti diversi — Il calorico nella sua propagazione non va	

XIV

soggetto alle leggi d'irradiazione cui va sempre soggetta la luce	Pag: 246
§ 172 La irradiazione del calorico presenta differenze dalla irradiazione della luce	» 248
§ 173 Diversità della luce e del calorico nella loro origine e nei loro effetti — Idea del Melloni sui raggi lucidi senza calore — Ma gli opponghiamo la esistenza dei raggi calorifici senza luce	» 249
§ 174 Gli effetti del calorico sono moltissimi ed assai vigorosi — Quelli della luce sono minori di numero e di vigore	» 250
§ 175 Obbiezioni circa la diversità degli effetti della luce e del calorico — Si risolvono	» 251

CAPO II — Somiglianze tra calorico e luce.

§ 176 Come il calorico possa esser eagine di vibrazione differente dalla vibrazione lucida — Come possa dar nascita alla vera vibrazione lucida — La propagazione del calorico ha ragioni di essere ben diversa dalla propagazione della luce	» 252
§ 177 È vero, che la trasmissione del calorico sia identica colla irradiazione della luce? — Lo spettro calorifico non coincide collo spettro lucido	» 254
§ 178 Il calorico non s'irradia per quella stessa forza per cui s'irradia la luce — La ondulazione calorifica sottostà alle stesse leggi della vibrazione lucida. Qual è dunque la loro differenza?	» 256
§ 179 Vibrazioni diverse che succedono nei fluidi e nei solidi, quando sono assoggettiti alla propagazione calorifica — Nei varii solidi bisognano diversi gradi di calorico, affinchè tali vibrazioni divengano lucide	» 257

CAPO III — La vibrazione costituisce la essenza della luce, e serve a trasmettere il calorico.

§ 180 La dilatazione calorifica è preceduta ed accompagnata da vibrazione nelle molecole su cui si estende — Le molecole dei corpi diatermici sono adatte a vibrare, e non a dilatarsi	» 259
§ 181 Per qual ragione le molecole, che non sono adatte a dilatarsi, debbano essere idonee a trasmettere la dilatazione, vibrando	» 261

- § 182 La varia conformazione delle molecole fa cangiare il cammino di qualunque specie di vibrazione — La vibrazione è il mezzo con cui si trasmette il calorico a traverso dei corpi diatermici . . . : . . . : Pag. 262
- § 183 Come il corpo diatermico genera cangiamenti nella vibrazione che lo attraversa, così produce dei cangiamenti nella dilatazione calorifica, che per mezzo di tal vibrazione si trasmette » 263
- § 184 Gli stessi corpi, che riflettono la luce, riflettono il calorico — La diffusione del calorico è diversa da quella della luce — Le ondulazioni calorifiche debbono soffrire maggiore refrazione delle vibrazioni lucide; — perciò si osserva calore oscuro » 263
- § 185 Vere ragioni per le quali si hanno dei raggi lucidi senza calorico — Sino a qual punto la vibrazione serva a trasmettere il calorico, senza manifestare luce : sino a qual punto sia trasmettitrice di calorico, e insieme lucida : sino a qual punto sia lucida senza più trasmettere calorico » 266
- § 186 Conclusione di questa Sezione — Non vi sono a rigore veri raggi calorifici, ma raggi termofori » 268

SEZIONE IV — DEGLI EFFETTI DELLA LUCE

CAPO I — Effetti fisico-chimici della luce:

- § 187 Perchè sotto certi colori dello spettro si operino certe combinazioni chimiche — Si esclude l'idea che tali combinazioni possano esser prodotte da vibrazione sopra etere imponderabile » 269
- § 188 Le cristallizzazioni si effettuano sotto la direzione della luce — Si esclude l'idea della vibrazione dell'etere imponderabile — Si spiega il fenomeno colla vibrazione delle molecole ponderabili » 271
- § 189 Il potere rifrangente de' varii corpi è proporzionale alla loro combustibilità, come diceva Newton — Ipotesi per spiegare ciò, fatte dai sostenitori della vibrazione dell'etere imponderabile — Si rigettano . . . : . . » 273
- § 190 Si spiega perchè tra i corpi rifrangenti, quelli che sono più rifrangenti, sono più combustibili — La spiegazione confronta colle idee di combustione che si avevano ai tempi di Newton » 273

- § 191 Effetti della luce sull'esalazione ossigenica delle piante —
 So ne assegna la ragione vera, rigettando una falsa ipotesi —
 Effetti della luce sulle semenze — Si pongono in dubbio Pag. 277
- § 192 Effetti della luce sull'organismo animale — Se ne assegna
 la ragione . . . : . . . » 279

EPILOGO DEL LIBRO SECONDO

- § 193 Le origini ed il cammino della luce, le differenze tra
 questa ed il calorico, o gli effetti della luce, provano ch'essa
 è una vibrazione delle molecole ponderabili, non mai una vi-
 brazione di etere imponderabile . . . » 280

LIBRO TERZO — *Dello stato di elettro-
magnetismo.*

- § 194 Opinioni sull'elettro-magnetismo — Si rigettano le due ipo-
 tesi più comunemente adottate — Divisione di questo Libro » 284

SEZIONE I — *DELLE VARIE ORIGINI DELLO ELETTRO-
MAGNETISMO*

- § 195 Le origini, il cammino, gli effetti dell'elettro-magnetismo
 mostrano i più aperti rapporti coi corpi ponderabili: perciò
 l'elettro-magnetismo non può essere un fluido imponderabile » 286

CAPO I — *Cagioni e natura dell'elettricismo.*

- § 196 Punto dal quale io mi parto per determinare la vera na-
 tura dello elettro-magnetismo — Dei disequilibrii fra le super-
 ficie dei diversi sistemi molecolari venute a contatto, delle
 cause che li producono, della loro durata, e del modo in cui
 cessano . . . » 287
- § 197 Come il disequilibrio si propaghi, dalle superficie etero-
 genee venute a contatto, negli strati sottostanti — Effetti di tal
 disequilibrio — Resistenza e tensione delle molecole . . » 289
- § 198 Che cosa è l'elettricità? — Elettricità che nasce dal sem-
 plice contatto di due sostanze eterogenee — Poche parole su co-

loro che negano ciò — Elettricità per attrito e sue ragioni Pag. 291

§ 199 Del termo-elettricismo e sue ragioni — Si prova che il termo-elettricismo nasce dalla ineguale dilatazione delle molecole sottoposte al raggio calorifico . . . » 294

§ 200 Il disequilibrio molecolare costituisce una gran forza, benchè non sempre si manifesti con segni di moto — L'elettricità consiste essenzialmente nel disequilibrio molecolare » 296

§ 201 Elettricità sviluppata per chimismo, — per combustione, — per ebollizione ed evaporazione — Ragioni rispettive . . » 297

§ 202 Intensità del disequilibrio elettrico — Elettricità dei corpi in movimento — Il maggior disequilibrio elettrico attacca di una in una le singole molecole, com'è quello che vien prodotto da ragion chimica . . . » 299

§ 203 La sorgente elettrica dura, finchè non cessi il disequilibrio molecolare — Quali sieno le sorgenti elettriche di maggior durata . . . » 301

CAPO II — Dell'elettricità contrarie, e delle ipotesi inventate per ispiegarle.

§ 204 Elettricità contrarie — Disequilibri contrariamente diretti e loro ragioni — Antagonismo fra loro — Il disequilibrio della molecole è di natura diversa dal disequilibrio delle masse » 302

§ 205 Elettricità primitiva ed elettricità di antagonismo — Denominazioni usate nella scienza di elettricità positiva e negativa — Si rigettano . . . » 305

§ 206 Elettricità originaria ed elettricità antagonistica — La prima corrisponde alla elettricità negativa, e la seconda all'elettricità positiva — I corpi che più fatigano, si elettrizzano negativamente, o di elettricità originaria; e quelli che men fatigano, si elettrizzano positivamente, o di elettricità antagonistica — Esempi di tutte specie . . . » 306

§ 207 Perchè un corpo sia capace or dell'una or dell'altra elettricità contraria — Perchè sieno due e non più l'elettricità contrarie — Perchè tendano a congiungersi mutuamente . . » 308

§ 208 Perchè un' elettricità repella l'elettricità della sua stessa specie — Imbarazzo dei Symmeriani nello spiegare ciò — Si confuta pure l'opinione del Frankliniani, che credono spiegarlo bene colla loro ipotesi . . . » 310

§ 209 Difficoltà contro amendue le ipotesi, la Frankliniana, e la Symmeriana . . . » 312

XVIII

§ 210 Le due elettricità contrarie non possono essere nè uno, nè due fluidi imponderabili. Si prova — Più non abbiamo bisogno delle ipotesi, avendo già la teoria che le due elettricità contrarie consistano nel due contrarii disequilibrii della molecole Pag. 313

CAPO III — Dei coibenti, dei semicoibenti, dell'elettricità indotta, e della elettricità dissimulata.

§ 211 Della elettricità per influsso e per induzione — Essa è una elettricità antagonistica — Ma è sempre un'elettricità positiva? — Obbiezione — Si risolve » 315

§ 212 Dei coibenti e dei semicoibenti — Come i semicoibenti influiscano nello sviluppo dell'elettricità antagonistiche » 316

§ 213 Il semicoibente, a differenza del coibente, serve a mantenere impegnate in continuo antagonismo le due elettricità contrarie, senza che si possano congiungere — Allora accade la dissimulazione di amendue l'elettricità » 319

§ 214 Si confutano le spiegazioni della dissimulazione elettrica date dai Frankliniani e dai Symmeriani — Se ne assegna la spiegazione vera — La dissimulazione elettrica ha un limite » 320

§ 215 Si spiega la scarica dell'elettricità dissimulata — Quando è più vigorosa, e quando è meno — Si propongono esperimenti » 322

CAPO IV — Delle calamite naturali ed artificiali, e dei modi di spiegarle.

§ 216 Teoria di Ampère sulla identità totale del magnetismo coll'elettreticismo — Opinione contraria e sue ragioni . . . » 325

§ 217 Come si spieghi nella teoria di Ampère, che un pezzo del polo di una calamita, rotto in pezzi, produca tante calamite aventi ambidue i poli e l'equatore — Come si spieghi nella teoria de' contrari, che le calamite si possano formare mercè l'elettricità — Si rifiuta l'opinione di costoro . . . » 327

§ 218 Una calamita non perde nulla, quando con essa se ne calamita un'altra — La elettricità è una sostanza che passa da un capo ad un altro? — Si risponde di no, e si prova — Due corpi diversamente elettrizzati si compensano a vicenda senza nulla comunicarsi » 329

§ 219 Nelle calamite non vi sono correnti circolanti di fluido

- elettrico, ma vi sono tante sezioni di disequilibrii elettrici contrarii sovrapposti uno all'altro — Si confrontano le calamite colle pile voltiane » 331
- § 220 Per quali distinte ragioni nelle calamite naturali, e nelle artificiali si producano tante sezioni sovrapposte di disequilibrii elettrici alternativamente contrarii, i quali si mantengono fermi ognuno nel loro posto » 332

*CAPO V — Della polarità tanto nelle pile,
quanto nelle calamite.*

- § 221 La polarità della calamita è diversa da quella della pila voltiana — Si spiega parte per parte come le due elettricità contrarie ebe si sviluppano nella pila, avviticchiandosi in forma di eliche una coll'altra in direzioni opposte, vadano a raccogliersi ognuna per sé sul proprio rooforo » 334
- § 222 Si spiega perchè nelle calamite naturali e nelle artificiali vi sieno tante sezioni di elettricità deboli, alternativamente contrarie, e ferme nel loro rispettivo posto — Nelle calamite le due elettricità non si pongono in movimento, come nelle pile » 337
- § 223 Perchè nelle calamite da un polo sino all'equatore, e da questo sino all'altro polo prevalgano a vicenda le due elettricità contrarie — Teoria dell'esaltazioni e delle depressioni elettriche alternative — Perchè vi debba esserè una linea equatoriale » 338
- § 224 Fenomeni magnetici che sono conseguenze dell'esaltazioni e depressioni elettriche alternative — Prova di ciò in senso contrario » 340
- § 225 Perchè il calorico ha il potere di estinguere la calamita? — Perchè i colpi violenti ne mutano i poli? — Le calamite temporanee posseggono le sezioni elettriche alternativamente contrarie, come le calamite permanenti? » 342
- § 226 Perchè la calamita non si scarica delle sue elettricità, quando tocca un metallo? — Principii intorno alla stabilità delle sezioni elettriche alternativamente contrarie, ed intorno alla loro esaltazione e depressione alternativa — Conclusione di questa Sezione » 344

SEZIONE II — DEL CAMMINO DELLO ELETTRO-MAGNETISMO

§ 227 Quando si dice, che la elettricità passa da un corpo ad un altro, qual cosa vi passa realmente? — Quali sono i corpi, su cui il disequilibrio elettrico può camminare? . . . » 345

CAPO I — Su quali corpi e con quali condizioni cammini lo stato elettrico.

§ 228 Il disequilibrio elettrico cammina sempre sulle superficie? Quando s'interna negli strati sottostanti? — Per qual ragione le pinte hanno il potere di scaricare la elettricità? . . . » 346

§ 229 Come avvenga il fulmine, e come si comporti l'aria, che è semicoibente, tra la nuvola e la terra . . . » 347

§ 230 Fino a qual punto i corpi coibenti si possano prestare al disequilibrio elettrico . . . » 349

§ 231 Si combatte il parere di Poisson intorno all'imprigionamento del fluido elettrico sulle superficie dei buoni conduttori — Perché il compenso elettrico si effettui meglio col tocco — Perché dei corpi consimili contrariamente elettrizzati — Perché i metalli più puri sieno migliori conduttori . . . » 350

§ 232 Condizioni necessarie affinché succeda una corrente elettrica — Dove nascano le correnti più vigorose — Quali corpi le conducano meglio, e sotto quali condizioni — Diversità tra le correnti principali, e le correnti derivate . . . » 352

§ 233 Azione delle correnti sulle calamite, delle calamite sulle correnti — Loro leggi analoghe — Ragione della legge fondamentale intorno alle azioni di una corrente su di un'altra — Bisogna escludere l'idea di qualunque fluido imponderabile per ispiegare il cammino dell'elettricismo . . . » 353

CAPO II — Della istantaneità con cui camminano i tre stati, elettrico lucido e calorifico.

§ 234 Il disequilibrio molecolare può istantaneamente propagarsi a lunghissime distanze? — Lo stesso dubbio si può fare intorno al calorico, ed intorno alla luce — Si risponde affermativamente — La elettricità è la più grande forza, dopo quella di attrazione . . . » 357

- § 235 La forza di attrazione di qualunque massa agisce istantaneamente e contemporaneamente in tutti i punti del mondo—Con tutto ciò, gli effetti dell'attrazione si misurano bene per mezzo delle masse e delle distanze, dei tempi e degli spazii. Pag. 358
- § 236 Il disequilibrio molecolare si propaga istantaneamente come l'attrazione—Differenza tra il movimento meccanico, ed il cammino del disequilibrio molecolare—La resistenza, che incontra il secondo, sono assai minori di quelle che incontra il primo. » 360
- § 237 Paragone della diversa celerità di cammino tra il disequilibrio elettrico, la vibrazione trasmettitrice del calorico, e la propagazione dello stesso calorico » 362
- § 238 Come si possa misurare il cammino della elettricità, della luce e del calorico — Il loro cammino è istantaneo in quel senso, che noi non possiamo percepirlo materialmente — Del modo in cui si estingue il disequilibrio elettrico. . . . » 364

SEZIONE III—DEGLI EFFETTI DELL'ELETTRIO-MAGNETISMO

CAPITOLO I—Effetti meccanici dello elettro-magnetismo

- § 239 Come il disequilibrio elettrico possa produrre degli effetti meccanici—Particolarmente li produce sulle superficie—Giunge a trasportare dei grossi corpi » 366
- § 240 Come mai il disequilibrio elettrico ha tanta forza da poter trasportare dei grossi corpi?—Perchè piuttosto non li scioglie chimicamente, o pure non li liquefa?—Si risponde all'uno e all'altro dubbio » 367
- § 241 Movimenti dei corpi elettrizzati, non essendo fissi — Attrazioni e repulsioni elettro-magnetiche—Perchè le attrazioni magnetiche paiono più vigorose delle semplici attrazioni elettriche? » 368
- § 242 Azione meccanica ch'esercita il passaggio della corrente elettrica sui conduttori—Trasferimenti di molecola a traverso dei corpi, senza che resti in essi verun vestigio — Fenomeni meravigliosi non spiegati » 370

CAPO III—Effetti fisici dello elettro-magnetismo

- § 243 Effetti calorifici prodotti dalla corrente elettrica—Effetti frigorifici—Si assegna la ragione degli uni e degli altri—L'elettricità negativa si congiunge col maggior calore e coi corpi più dilatati. Pag. 371
- § 244 Perchè l'elettricità desta luce—Perchè la luce elettrica abbia varii colori e direzioni—Come i diversi corpi influiscano diversamente a colorare la luce elettrica—Della fosforescenza che desta la detta luce in alcuni corpi » 374
- § 245 Si spiega perchè sulle punte l'elettricità positiva produce un fuoco lucido, e la elettricità negativa una stelletta lucida. » 376

CAPO III—Effetti chimici dello elettro-magnetismo

- § 246 Della elettrolisi — Ipotesi di Grottnsh sul modo in cui avvenga può la elettrolisi dell'acqua—Si combatte. » 377
- § 247 La elettrolisi si può effettuare in tutti i punti della pila—Modo in cui le correnti elettriche si dirigono nella pila—Come il disequilibrio elettrico produca la decomposizione molecolare. » 379
- § 248 Come le molecole decomposte si trasferiscano insieme colle correnti rispettive della pila—La elettrolisi di alcune sostanze assai resistenti si effettua, non sulle piastre, ma sui forfori della pila » 380
- § 249 Scoperta di Faraday intorno all'elettrolisi degli equivalenti chimici—Opinione di Ampère sulla identità dell'attrazioni elettriche e delle affinità chimiche—È stata combattuta—Opinione di Berzelius sullo stesso oggetto » 381
- § 250 Obbiezione contro l'opinione di Berzelius—Si procura di rispondere con principii appoggiati all'esperienze di Ermann—Si rigettano tali risposte » 383
- § 251 Sbaglio dei Chimici che han preteso spiegare le attrazioni chimiche come effetti dell'attrazioni elettriche—Le une e le altre si debbono riportare ad una più alta origine comune—Sotto qual senso si possa giustamente dire, che in ciascuna molecola vi sia elettricità,—ed anche le due elettricità polari » 384
- § 252 L'eletticismo è più generale del chimismo —Perchè?—L'elettricità grandemente accumulata produce analisi e sintesi

chimiche, anche in quei corpi che per loro intime disposizioni molecolari non sarebbero inclinati nè all'una nè all'altra » 386

- § 253 Importanza dello studio sul vero numero dei componenti elementari dei corpi—In che potrà giovare questo mio lavoro, col quale ho com butto la influenza dei creduti Fluidi imponderabili » 387

EPILOGO DEL LIBRO TERZO

- § 254 La varie sorgenti e la natura dell'eletto-magnetismo, il suo cammino ora istantaneo or ritardato, i suoi effetti meccanici, fisici e chimici dimostrano evidentemente, che esso non sia fluido imponderabile, ma che consista nel matno disequilibrio delle molecole ponderabili. » 389

Conclusione

- § 255 Rivolgimento generale che accade nelle scienze, provato che non esistano i tre creduti Fluidi imponderabili—Necessità e difficoltà di applicare tutti i principii esposti in quest'Opera ai diversi rami delle scienze — Breve e parziale applicazione che io mi propongo di farne ai più generali fenomeni del nostro globo » 391
- § 256 Il Sole e gli altri astri sono, o non sono lucidi?—sono o non sono caldi?—Osservazioni intorno alla oscurità del corpo solare. » 393
- § 257 Pareri dei Fisici sull'immenso calorico del Sole, e sulla proporzione con cui ne partecipano i pianeti giusta le loro rispettive distanze—Osservazione in contrario—Si comincia a combattere l'idea di tanto calorico esistente nel Sole . . . » 394
- § 258 Il calorico, che noi proviamo al comparire del Sole, dipende dall'azione del Sole e della Terra sui corpi tra loro interposti » 395
- § 259 Il calorico di ogni globo, a qualunque distanza essi sieno, è proporzionato alla loro propria massa, ed a quel globo che rispettivamente li attira—Vi ha una linea media tra globo e globo, in cui non si deve trovare nessun calore — Perché il maggior calorico esista sulla superficie della terra,—e più nell'equatore che nei poli » 397
- § 260. La luce, che noi vediamo in presenza del Sole, è pro-

XXIV

dotta dalle rotazioni del Sole e della Terra intorno ai loro
rispettivi assi—Linea intermedia oscura—Si sciolgono le diffi-
coltà che si potrebbero fare contro tale linea intermedia oscura Pag. 399

§ 261 Perché i pianeti e i satelliti rispetto a noi non abbiano
luce loro propria—Nulladimeno, la Luna dimostra avere una
luce propria debolissima » 400

§ 262 Perché le stelle abbiano una luce propria—Perché la luce
delle stelle sia stata veduta da Gay-Luzac nella sua ascen-
sione aerea in pieno meriggio, quando la luce del Sole era
poco visibile » 402

§ 263 Fenomeni di disequilibrio elettrico che si manifestano
sulla Terra per la influenza delle masse celesti—Correnti elet-
triche che la Terra si produce col suo stesso movimento, ed
effetti che ne dipendono » 403

§ 264 Ricapitolazione dell'Opera—Importanza di riferire tutti i
fenomeni naturali all'azione delle sole molecole ponderabili—
La connessione de' principi qui esposti apparirà nella Filoso-
fia Universale » 405





